النظرية النسبية والفضاء العربى

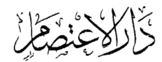
أ.د. ليلى محمد فريد أبو حديد
أستاذ الفيزياء النظرية النووية
كلية التربية للبنات
جدة

دار الاعتصام

النظرية النسبية والفضاء العربى

تأليـــف

أ.د. ليلى محمد فريد أبو حديد
أستاذ الفيزياء النظرية النوويـة
كليـة التربية للبنـات
جـدة



الإهداء

إلى الباحثين عن الحقيقة ....

وهي أقرب ما تكون إلينا ...

فإذا صفت القلوب ...

وجدت الحقيقة فيها ...

ليلى فريد أبوحديد

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

الحمد لله الذي أسبغ علينا نعمه ظاهرة وباطنة والصلاة والسلام على نبينا محمد وعلى آله وأصحابه والذين اتبعوه بإحسان إلى يوم الدين. وبعد، فإن موضوع هذا الكتاب وهو النظرية النسبية من الموضوعات التي يُثار فيها الجدل ولا ينتهي ويدّعي بعض الناس أنها من النظريات الصعبة التي يَسْتَغْلِقُ فهمها على كثير من الناس. وأعتقد أن عدم الكتابة عن النظرية النسبية باستفاضة هو السبب في وضع هذه النظرية في هذه الصورة. وبالنسبة للمسلمين فإن علينا واجب نلتزم به أمام الله سبحانه وتعالى وهو التفكر في خلق السماوات والأرض، ربنا ما خلقت هذا باطلاً سبحانك فقنا عذاب النار. وأدعو الله أن نتمكن من تدريس علم الفلك والنظرية النسبية ابتداء من المدارس الثانوية وأن تظهر كتب تضع النظرية النسبية في أسلوب تربوي سهل ومفيد بحيث نتمكن من تعميم الفائدة من هذه النظرية التي تجذب الانتباه إلى حقائق في الفضاء المحيط بنا وتجعلنا نتأمل جبروت الله وقدرته وعلمه سبحانه وتعالى عما يُشركون. وقوله تعالى: "لخلق السماوات والأرض أكبر من خلق الناس ولكن أكثر الناس لا يعلمون". سورة غافر آية (٥٧).

وفي هذا الكتاب محاولة من جانبي لتوضيح بعض النقاط التي يُثار فيها الجدل بين العلماء على صفحات المجلات العلمية وفي الكتب أيضاً بين علماء الشرق

والغرب. ولابد لي أن أذكر هنا أن ما ذكرته في هذا الكتاب من نقاط الخلاف بين النظرية النسبية ونظرية الكم لا ينتقص من قيمة النظرية النسبية بل قد يزيد في ميدان استخداماتها. كما أني قمت بشرح النظرية النسبية العربية التي وفقني الله بوصفها والتحويلات الجديدة في الفضاء العربي. وآمل أن يقوم العرب بإطلاق قمر صناعي إن شاء الله لدراسة الفضاء الخارجي والمساعدة في أبحاث الفضاء التي هي جزء من عبادتنا لله سبحانه وتعالى والتي تساعدنا على التأمل في ملكوت الله وقدرته. ونذكر هنا بكل اعتزاز مشاركة الأمير سلطان بن الأمير سلمان* في رحلة الفضاء في يونيه ١٩٨٥م في مركبة الفضاء الأمريكية Space Shuttle Discovery .

كما أنني قمت بتوفيق من الله بشرح العلاقة بين النظرية النسبية ونظرية الكم. وعلى الرغم من أن النظرية النسبية العامة تتحدث كثيراً عن الزمن وعلاقته بالفضاء إلاَّ أنها لم تُوضِّح العلاقة بين الزمن والطاقة كما وضحت هذه الفكرة في نظرية الكم التي ظهرت بعد النظرية النسبية العامة بعشرة أعوام.

هذا وآمل أن أكون قد حققت بعض الأهداف العلمية بهذا الكتاب وأحمد الله وأشكره واستعين به على حسن عبادته.

ليلى فريد أبوحديد

---

* Collier's Encyclopedia (1986). p. 440 .

الباب الأول

هياكل الإسناد والنظم القصورية

الباب الأول

هياكل الإسناد والنظم القصورية

١-١ تمهيد

ذكرت في المقدمة أن هناك جدل حول النظرية النسبية بين علماء الشرق والغرب وتبلور الجدل فأحدث مدرستين :-

١- **المدرسة الأوربية الأمريكية** التي نشأ فيها صاحب النظريتين الخاصة والعامة وهو العالم ألبرت أينشتين الذي أسس مدرسة كبيرة وقام بمجهود عظيم في تفسير الظواهر الفيزيائية المعروفة ونشر تسعة عشر بحثاً فيما يتناول فيها معادلات الحركة بكل أشكالها وحركة الأجسام الدوارة كما فسر علاقات ماكسويل الكهرومغنطيسية وظاهرة الإنبعاث الكهروضوئي والإنشطار النووي والإنبعاث النووي.

كذلك قام بتفسير الجاذبية الأرضية على أسس هندسية وإتخذ من الممتد الرئيسي أو الممتد الإتجاهي Metric Tensor أساساً لتفسير معظم القوى الرئيسية في العالم على أساس أن القوة منشؤها إزاحة في الفضاء الرباعي.

ولقد انشغل البرت أينشتين في أواخر أيامه باستنتاج نظرية تجمع بين نظريتيه الخاصة والعامة واستمرت محاولاته في ذلك حتى وافته المنية ولقد واصلت مدرسته رسالته بعد موته ونشرت أبحاثاً كثيرة وقامت بمحاولات متعددة لإستنتاج الجاذبية الأرضية وتوحيد نظريات القوى في نظرية واحدة كما ظهرت

محاولات كثيرة لتكميم طاقة الجاذبية وملافاة التعارض الواضح بين النظرية النسبية ونظرية الكم التي ظهرت بعد النظرية النسبية بعشرين عاماً. وتبلور علم جديد بمُسمى الجاذبية الكمية {Quantum Gravity} وذلك حوالي عام ١٩٧٥م . ولقد إتخذت المدرسة الأوربية الأمريكية مجلة تُسمى General Relativity and Gravitation كقاعدة لها لنشر أبحاث مدرسة أينشتين.

وحديثاً حوالي عام ١٩٦٥م ظهرت مدرسة شرقية مركزها كلكتا بالهند برئاسة Prof.* K. C. Kar تبحث في النظرية النسبية وتختلف إختلافاً بيناً مع أسس نظرية أينشتين النسبية. وتتخذ من مجلة Indian Journal of Theoretical Physics قاعدة لها لنشر أبحاث هذه المدرسة. وتعتقد هذه المدرسة أن النظرية النسبية واحدة ولايمكن تقسيمها إلى خاصة وعامة ويجب إستنتاج قوانين النسبية من هذه النظرية الموحدة والتي تقوم على إعتبار أن الإزاحة منشأها القوة وأن التكوين الهندسي للفضاء منشؤه القوة المؤثرة فيه وليس العكس كما في نظرية أينشتين. كما أنها تعارض إتخاذ سرعة الضوء أو شعاع الضوء أساساً لقياس السرعة كما حاولت هذه المدرسة إتخاذ سرعة الصوت كوحدة لقياس السرعة ولكنها اصطدمت بصعوبات جمة ولم تستطع مواصلة إستنتاج جميع الظواهر الفيزيائية من هذا المنطلق.

ولقد كنت مهتمة بمتابعة هاتين النظريتين أو المدرستين وتتبع ماينشراه من أفكار وكنت أشعر بأن كِلتا المدرستين على الرغم من تفوقهما في إتخاذ المنطق العلمي قاعدة لهما إلاّ أنه مازالت ظواهر كثيرة لم يتطرقا لها بالفحص كذلك ظلت

---

* توفي في آخر الثمانينات

فجوات في كِلتا النظريتين لم يستطيعا تخطيها على الرغم من إعترافهما بوجودهـا كعقبات تحول دون إكتمال النظريتين.

ولايخفى على المشـتغلين فـي مجـال التدريـس والأبحـاث فـي النظريـة النسـبية العقبات التي تعترض المدرس أولاً لإيصـال المعلومات المستمدة من هذه النظريـة إلى الطلبة وذلك لوجود المتناقضات الكثيرة في النظرية وثانياً فـي الأبحـاث التـي لايمكن التغاضي فيها عن التناقض الحاد بين نظرية الكم والنظرية النسـبية ويلجـأ كثيرون إلى تخطي هذه العقبات بفروض أشبه مايكون إلـى القنطـرة أو الكوبـري الذي يلجأ إليه الإنسان إذا عجز عن خوض غمار المياه سباحة

وفي هذا الكتاب سوف نوضح بمشيئة اللّه التناقضات التي إحتوتها النظرية النسبية وتأثيرها على الإستنتاجات المختلفة وكيـف تـم التغلـب عليهـا بمشـيئة اللّـه وبتوفيق من لدنــه. وكذلـك سـوف نقـوم بسـرد وشـرح النظريـة النسـبية لأينشـتين والإستنتاجات المختلفة الخاصة بها.

ويظن كثير من العلماء أن النظرية النسبية جاءت وليدة الحاجة إلـى هيكـل إسـناد مُطلـق لإسـتنتاج قوانيـن الحركـة وقوانيـن الفيزيــاء الثابتـة بحيـث تكـون المشـاهدات خالية مـن الأخطـاء أو القصـور النـاتج عـن آلات الرصـد التـي تتـأثر بالحركة النسبية بين هياكل الإسناد ولقد تخيل العلماء ذلك الهيكل المطلق على أنـه ثابت دائماً لايتحرك ومرن جداً بحيث لايتـأثر بـدوران الأجسـام فيـه أو بسـرعتها وُسمي هذا الهيكل الإفتراضي بالأثير.

ثم أخذ العلماء بعد ذلـك فـي إجـراء العديـد مـن التجـارب لإثبـات وجـود هـذا الهيكل الإفتراضي وأغلـب المشـتغلين فـي مجـال الضـوء أو النظريـة النسـبية قـد سمعوا مراراً وتكراراً عن تجربة ميكلسون ومورلي وعـن تجربـة الزيـغ النجمـي

إلى آخره. وكما أنه ليس ضرورياً سرد هذه التجارب على القارىء كمقدمة للنظرية النسبية فليس من الضروري كذلك الخوض في غمار تجارب منتهية منذ أمد بعيد وبتكنولوجيا القرن الماضي. كما أنه لو فرضنا أن الضوء ينطلق بسرعة ثلاثمائة ألف كيلومتر في الثانية وسرعة الأثير وسرعة دوران الأرض ثلاثون كيلومتر في الثانية فمن الطبيعي ألا تتأثر قياسات سرعة الضوء بمثل هذه السرعة الصغيرة والتي تُمثل ٠,٠١٪ من سرعة الضوء وهذه النسبة أقل من نسبة الخطأ في التجارب المعنية وهي حوالي ٠,٠٤٪ .

وفي هذا الكتاب سوف نبدأ إن شاء اللّه بتعريف النظم القصورية وبإستنتاج التحويلات النسبية وبعد ذلك نستعرض الفجوات التي في النظرية النسبية ونشرح الأسباب التي دعتنا إلى التفكير في استنتاج تحويلات مشابهة في محاولة للتغلب على الصعاب والثغرات التي نصادفها في النظرية النسبية لأينشتين.

أما نظرية الظل أو فيزياء الظل فلسوف نتعرض لها في كتاب آخر إن شاء اللّه على أساس أن الظل عملية فيزيائية هامة جداً بل هي من أهم العمليات الفيزيائية على الإطلاق. ولكن للأسف لاأقول قل البحث فيه ولكن أقول إنعدم البحث فيه أو التحدث عنه مع أنه ملازم لنا في حياتنا وليس بعد ملازمة الظل لصاحبه من شئ يقال. كما أن بالتحدث عن الظل نستكمل حلقات التحدث عن الطاقة التي أعتقد أنها مجال تطبيقات النظرية النسبية.

٢-١ النظم القصورية

النظام القصوري هو أي جسم متماسك يتحرك بسرعة واحدة وممكن إتخاذ محاور ثابتة تتلاقى في نقطة أصل ثابتة فيه وتسمى هذه المحاور الثابتة بهيكل إسناد. فمثلاً الأرض نظام قصوري ويتحرك فوق الأرض نظم قصورية كثيرة منها الإنسان والحيوان والطيور والحشرات وكذلك القطارات والسيارات والبواخر والطائرات والأقمار الصناعية ومركبات الفضاء كل أولئك نظم قصورية لها قصور ذاتي ناتج عن كتلتها ولذلك سميت بالنظم القصورية Inertial systems .

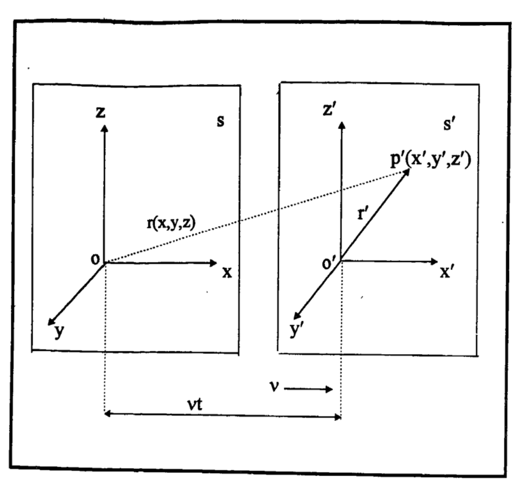
وفي الفضاء الخارجي كواكب وأقمار كثيرة ممكن إتخاذ هياكل إسناد ثابتة فيها وهي نظم قصورية أيضاً.

والسؤال الذي يخطر على البال الآن هل إذا أجريت تجربة لحساب طاقة الربط في نواة ذرة الحديد على الأرض فهل تكون النتيجة واحدة لو أجريتْ هذه التجربة فوق سطح القمر مثلاً ؟ ، أم تتأثر بالحركة النسبية بين القمر والأرض إلى جانب العوامل الأخرى المخالفة مثل الجاذبية إلى آخره. ولو حسبنا مثلاً سرعة الضوء أو سرعة الصوت أو المكافئ الميكانيكي الكهربي فوق سطح الأرض فهل هذه القياسات تختلف لو قيست في مركبة فضاء تدور حول الأرض؟ ، وهل قياس الزمن على الأرض يختلف عن قياسه في المركبة الفضائية هذه أو في كوكب مثل الزهرة؟ ، هذه أسئلة صعبة لأننا نعيش في عالم متحرك دائماً ولامكان فيه للسكون المطلق فهذه الحقيقة يجب أن نتعايش معها وعلينا دراسة تأثير الحركة النسبية بين هياكل الإسناد المختلفة على القياسات المعملية للثوابت الفيزيائية المختلفة المذكورة آنفاً.

والواقع أنه على الرغم من تأثير بعض هذه العوامل في القياسات فإنه يمكن إيجاد التحويلات المناسبة بين هياكل الإسناد في النظم القصورية المختلفة التي تحافظ على ثبات شكل القوانين الفيزيائية السليمة وثبات قيمة المنظورات الفيزيائية التي لها قيمة حقيقية ويمكن قياسها بالمعمل.

وإذا تحدثنا عن التحويلات بين هياكل الإسناد فلابد التحدث عن المحاور التي نعين بواسطتها مواقع الاشياء تحت البحث. وقديماً إنشغل علماء الفلك برصد مواقع النجوم والأجرام السماوية وكان جاليليو من أوائل العلماء الأوروبين الذي استخدم المحاور التي عرفت باسمه كما برز علماء الفلك العرب قبل ذلك منذ القرن الرابع الهجري أو العاشر الميلادي في رصد مواقع النجوم متخذين محاور رأسية متوازية من منطلق الثقافة الاسلامية العظيمة المستمدة من القرآن الكريم فالتفكر في خلق السماوات والأرض عبادة لله سبحانه وتعالى والله يقول في القرآن الكريم في سورة الواقعة:﴿فَلَآ أُقْسِمُ بِمَوَٰقِعِ ٱلنُّجُومِ ۝ وَإِنَّهُۥ لَقَسَمٌ لَّوْ تَعْلَمُونَ عَظِيمٌ﴾ . وهكذا كان العرب والمسلمون الأوائل يدرسون الفلك والرياضيات عبادة لله سبحانه وتعالى وانبهاراً بعظمة خلقه وتفكراً وتدبراً لعظيم سلطانه وليس طمعاً في الدنيا وحباً في السلطة أو طمعاً في جمع المال. ولذلك نجدهم لم يسموا شيئاً بأسمائهم ولم يفكروا في تخليد أسمائهم لأن في يقينهم أن الله جل جلاله عنده حسن الثواب.

٣-١ بحث ثبات بعض القوانين الفيزيائية باستخدام تحويلات جاليليو بين نظامين قصوريين :



شكل (١)

إذا كان s، s' نظامين قصوريين بحيث يتحرك s' بسرعة ثابتة $\underline{v}$ بالنسبة للنظام s في اتجاه xx' فإذا كانت نقطة p في الفضاء والمطلوب رصد أبعادها بالنسبة لراصدين أحدهما في s والآخر في s' يرصدان نفس النقطة في نفس اللحظة.

وباستخدام محاور جاليليو الكلاسيكية نجد أن العلاقة التي تربط أبعاد النقطة p بالنسبة لكل من s و s' هي كالتالى:

$$
\begin{aligned}
x' &= x - vt \\
y' &= y \\
z' &= z \\
t' &= t
\end{aligned}
\qquad (1a)
$$

وكذلك نجد أن :

$$
\begin{aligned}
x &= x' + vt \\
y &= y' \\
z &= z' \\
t &= t'
\end{aligned}
\qquad (1b)
$$

وتُسمى هذه بتحويلات جاليليو الكلاسيكية .

حيث (x,y,z) أبعاد النقطة p بالنسبة لهيكل الإسناد s و (x',y',z') أبعـاد نفس النقطـة p بالنسـبة لهيكـل الإسـناد s' و بتفـاضل المعادلـة $(1a)$ بالنســبة الزمــن نحصل على:

$$
\begin{aligned}
\frac{dx'}{dt'} &= \frac{dx'}{dt} = \frac{dx}{dt} - v \\
\frac{dy'}{dt'} &= \frac{dy}{dt} \\
\frac{dz'}{dt'} &= \frac{dz}{dt}
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

فإذا كانت $u(x)$ مركبة السرعة في أتجاه x و $u(y)$ ، $u(z)$ مركبتي السرعة فـي إتجاهي y ، z على الترتيب نجد أن العلاقة (2) تُكتب كالتالي:

$$
\begin{aligned}
u(x') &= u(x) - v \\
u(y') &= u(y) \\
u(z') &= u(z)
\end{aligned}
\qquad (3)
$$

وهذه هي معادلات تحويلات مركبات السرعة.

وللحصول على تحويلات مركبات العجلة نفاضل المعادلة (3) مرة أخرى بالنسبة للزمن t نحصل على الآتي:

$$\frac{d^2x'}{dt'^2}=\frac{d^2x}{dt^2} \quad , \quad \frac{d^2y'}{dt'^2}=\frac{d^2y}{dt^2} \quad , \quad \frac{d^2z'}{dt'^2}=\frac{d^2z}{dt^2}$$

$$g(x')=g(x) \qquad g(y')=g(y) \qquad g(z')=g(z) \tag{4}$$

ومن العلاقة (3) نجد أن السرعة تختلف بإختلاف سرعة هيكل الإسناد وهذا الإختلاف يحدث في مركبة السرعة التي في اتجاه حركة هيكل الإسناد النسبية بالنسبة لراصد ثابت أما المركبات العمودية على الحركة فلا تتأثر. ومن العلاقة (4) نستنتج أنه تحت تأثير تحويلات جاليليو تظهر العجلة ثابتة في جميع مركباتها وبالتالي فالقوة ثابتة ولاتتأثر بحركة هيكل الإسناد على إفتراض أن الكتلة لاتتأثر بالحركة أيضاً أي أن القوة:

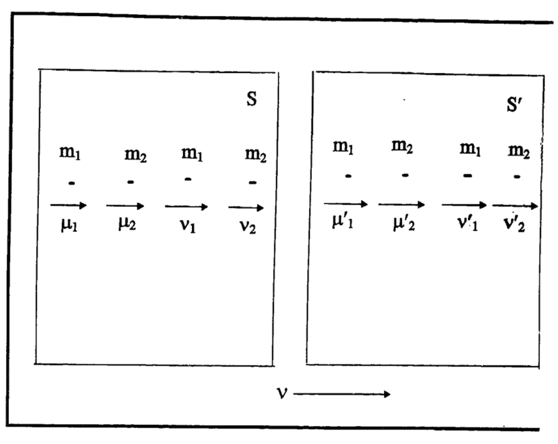
$$F=mg$$

ثابتة في جميع مركباتها وهي:

$$\begin{aligned} F(x')&=F(x)=mg(x)=m\frac{d^2x}{dt^2}\\ F(y')&=F(y)=m\frac{d^2y}{dt^2}\\ F(z')&=F(z)=m\frac{d^2z}{dt^2}\end{aligned} \tag{6}$$

١-٤ ثبات كمية الحركة وطاقة الحركة تحت تأثير تحويلات جاليليو :

نفرض أن s , s' هيكلي إسناد قصوريين يتحـرك s' بسـرعة v بالنسبة لهيكل الإسـناد s فـي اتجـاه xx' ونفـرض أن جسـيمين m_1, m_2 تصادمـا فـي s' ورصدت حركتها في كل من s , s' في نفس اللحظة.



شـكل (٢)

فإذا كانت سـرعتيهما قبل التصـادم هـي u'_1, u'_2 فـي s' و u_1, u_2 فـي s وبعد التصـادم أصبحت سرعتيهما v'_1, v'_2 في s' و v_1, v_2 في s فـإن قـانوني بقـاء كمية الحركة وبقاء طاقة الحركة بالنسبة لهيكل الإسناد s' يُكتبا كالتالي:

$$m_1u_1' + m_2u_2' = m_1\nu_1' + m_2\nu_2' \qquad (a)$$

$$(7)$$

$$\frac{1}{2}m_1u_1'^2 + \frac{1}{2}m_2u_2'^2 = \frac{1}{2}m_1\nu_1'^2 + \frac{1}{2}m_2\nu_2'^2 \qquad (b)$$

وبالتعويض في معادلة (7a) عن السرعة ν', u' من معادلات (3) نحصل على:

$$m_1(u_1 - \nu) + m_2(u_2 - \nu) = m_1(\nu_1 - \nu) + m_2(\nu_2 - \nu)$$

$$\therefore\ m_1u_1 + m_2u_2 = m_1\nu_1 + m_2\nu_2 \qquad (8)$$

وبالتعويض في معادلة (7b) نحصل على:

$$\frac{1}{2}m_1(u_1 - \nu)^2 + \frac{1}{2}m_2(u_2 - \nu)^2 = \frac{1}{2}m_1(\nu_1 - \nu)^2 + \frac{1}{2}m_2(\nu_2 - \nu)^2$$

$$\frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 = \frac{1}{2}m_1\nu_1^2 + \frac{1}{2}m_2\nu_2^2$$

$$+\left\{(m_1u_1\nu + m_2u_2\nu) - (m_1\nu_1\nu + m_2\nu_2\nu)\right\}$$

ولكن ،

$$\left\{(m_1u_1\nu + m_2u_2\nu) - (m_1\nu_1\nu + m_2\nu_2\nu)\right\}$$
$$= \nu\left\{(m_1u_1 + m_2u_2) - (m_1\nu_1 + m_2\nu_2)\right\}$$
$$= 0$$

وذلك من العلاقة (8) . وبالتالي نجد أن :

$$\frac{1}{2}m_1u_1^2+\frac{1}{2}m_2u_2^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2 \qquad (9)$$

أي أن قانون بقاء كمية الحركة وقانون بقاء طاقة الحركة لايتأثر بالسرعة النسبية بين هياكل الإسناد وباستخدام تحويلات جاليليو.

ولقد وجد أن معظم القوانين الفيزيائية الكلاسيكية لاتتأثر بتغيير هياكل الإسناد إذا استخدمنا تحويلات جاليليو ماعدا القوانين الكهرومغنطيسية.

فمثلاً : معادلة إنتشار الموجات الكهرومغنطيسية تكتب كالتالي:

$$x^2+y^2+z^2-(ct)^2=0 \qquad (10)$$

فإذا استخدمنا تحويلات جاليليو أي المعادلة (١) نحصل على :

$$(x'+vt')^2+y'^2+z'^2-(ct')^2=0 \qquad (11)$$

ومنها نجد أن:

$$x'^2+y'^2+z'^2-(ct')^2=-2x'vt'-v^2t'^2\neq 0 \qquad (12)$$

أي أن :

$$x^2+y^2+z^2-(ct)^2\neq x'^2+y'^2+z'^2-(ct')^2 \qquad (13)$$

هذه الحقيقة دفعت أينشتين لإستنتاج النظرية النسبية الخاصة. ولقد نجح أينشتين في إستنتاج صيغة لتحويلات المحاور تكون فيها المعادلة الكهرومغنطيسية ثابتة وكان للنظرية النسبية الخاصة تأثيراً كبيراً في علم الفيزياء النووية خاصة وفي كثير من العلوم الحديثة عامة وذلك منذ ظهورها في ١٩٠٥م. وبعد ذلك بعشرة أعوام ظهرت النظرية النسبية العامة في سنة ١٩١٥م حيث وجد أينشتين أن شعاع الضوء لابد أن ينحني عند مروره بقرص الشمس وهذا معناه أن سرعة الضوء في الفضاء تتغير. ولقد ناقش أينشتين كذلك قوة الجاذبية واستنتج حتمية تمدد الفضاء وإحتمال وجود الثقوب السوداء التي تُشكِّل مناطق تجاذب لا نهائية في الفضاء.

الباب الثاني

النظرية النسبية الخاصة

الباب الثاني

النظرية النسبية الخاصة

٢-١ تركيب الفضاء:

كما سنرى فيما بعد أن النظرية النسبية جاءت لإستكمال نظريات الحركة القديمة التي وضعها نيوتن من قبل ولإستكمال أبحاث الفضاء والفلك التي ابتدأها العرب منذ القرن العاشر الميلادي لرصد مواقع النجوم. والتي أقسم اللّه سبحانه وتعالى بها في القرآن الكريم إذ قال: ﴿ فَلَآ أُقْسِمُ بِمَوَاقِعِ ٱلنُّجُومِ * وَإِنَّهُۥ لَقَسَمٌ لَّوْ تَعْلَمُونَ عَظِيمٌ﴾ .

ومن هذا المنطلق كان العلماء المسلمون يندفعون في أبحاثهم تأملاً في خلق اللّه سبحانه وتعالى منبهرين بعظمة خلقه متفانين في معرفة علمه العظيم في علوم الفلك والطب والفيزياء والكيمياء حتى أن الحكيم إبن سينا ألّف في حياته منتين وثمانين مجلداً في الطب والفيزياء والكيمياء والفلك.

ولقد إنتهج أينشتين نفس المنهج ولكن من منطلق مخالف فكرياً وأخذ يُلاحظ حركة الكواكب والنجوم بل أخذ يُراقب حركة إنسياب البرق في هيئة صواعق بارقة وراعدة وطرح سؤاله المشهور لرفيقه في الطريق حين قال : (إذا انقضّت صاعقتين على هذا القضيب الحديدي الذي تسير عليه القطارات فأصابتاه في موقعين مختلفين في نفس اللحظة، فهل يجوز القول أن الفترة الزمنية بين هاتين النقطتين إذا رسمتا في الفضاء تكون مساوية للصفر؟)، وفي واقع الأمر فإن بملاحظة الفضاء ومافيه من أجسام متحركة لابد أن نسأل عن

ماهية الزمن في هذا الحجم اللانهائي والذي يحتوي بين جنباته حركة أجسام لانهائية في العدد تدور حول نفسها وتدور في مدارات وتدور في خطوط متعرجة أو مستقيمة. وإرتباط الحركة بالزمن أمر بديهي وعلاقة السرعة بالزمن علاقات معروفة منذ ظهور نظريات نيوتن. أما الزمن على الأرض فيُحسب من حركة الشمس الظاهرية أو في واقع الأمر من دوران الأرض حول نفسها وسبحان اللّه الذي قال في كتابه الكريم: ﴿والشمس والقمر بحسبان﴾ فما هي علاقة الزمن على سطح الأرض بالزمن على سطح القمر أو على سطح الزهرة أو المريخ ... إلخ . ولقد خلق اللّه الزمن قبل خلق الإنسان نفسه وكذلك خلق الظل وخلق الضوء والصوت قبل خلق الإنسان. فنحن نحسب الزمن من نقطة أصل إفتراضية للزمن بحيث نتفق مع نقطة أصل مكانية نعينها بدقة مناسبة في الفضاء. كما أننا نفترض مصاحبة الزمن للحركة في شعورنا دون تجسيده رسماً وكذلك صارت حسابات الحركة باستخدام قوانين نيوتن.

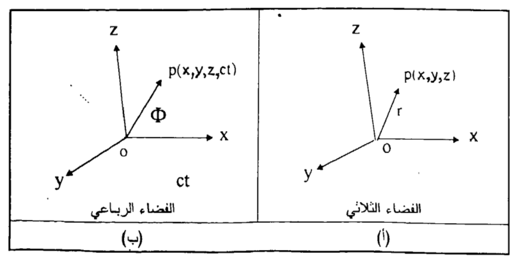
ولكن أراد أينشتين تجسيد معنى الزمن بإتخاذه محوراً مرسوماً في الفضاء، فهذا الفضاء اللانهائي ليس مكاناً أو حجماً فقط ولكنه يحتوي على الزمن كعنصر مكون له وأساسي في تكوينه فهو فضاء زمني تحتوي كل نقطة فيه على عناصر المكان والزمن معاً، فكما أن كل نقطة على أي صفحة من صفحات هذا الكتاب تحتوي على بُعدين بالنسبة لمحورين ثابتين في الصفحة يمثلان الطول والعرض لها ويتقابلان في نقطة أصل ثابتة بالنسبة للصفحة فإن أي نقطة في الفضاء الزمني تحتوي على عناصر المكان والزمن بالنسبة لنقطة أصل إفتراضية ومحاور للمكان والزمن تتلاقى في نقطة الأصل هذه.

٢-٢ الفضاء الزمني :

إذا أخذنا عنصر المكان كمكعب صغير يحتوي في مركزه على نقطة الأصل في الفضاء فإن عناصر المكان بالنسبة لنقطة الأصل هذه هي الطول والعرض والإرتفاع لهذا المكعب الصغير شكل (٣أ) فإذا أخذنا في الإعتبار أن الفضاء زمني أي أن كل نقطة p فيه تحتوي على عناصر المكان والزمن ويقاس كل من أبعاد المكان والزمن بالنسبة لنقطة الأصل o في المكعب الصغير الموضح بالشكل (٣ب) فإذا اعتبرنا أن x ,y ,z هي أبعاد المكان فإن t هو البعد الرابع الزمني.

وبذلك نجد أن أي نقطة p في الفضاء الزمني ممكن تعيينها تماماً بأربعة محاور (x,y,z,t) وينشأ عن ذلك تعارض من الوحدات فالأبعاد x,y,z تقاس بالسنتميتر مثلاً في حين أن t تقاس بالثواني. فإذا ضربنا الزمن في سرعة ثابتة c وهي سرعة الضوء فإن المحور ct يتغير بتغير الزمن ويقاس بوحدة المسافات.

وعلى ذلك فإن المتجه الرباعي $\phi = (x,y,z,ct)$



شكل (٣)

يمكن كتابة مربعه كالتالي :

$$\phi^2 = x^2 + y^2 + z^2 + c^2t^2$$
$$= r^2 + c^2t^2 \qquad (14)$$

وبذلك فإن تركيب الفضاء الزمني قد تحدد الآن وعلمنا أنه رباعي الأبعاد وأن الزمن هو البعد الرابع له. وهذا الفضاء منسجم الأبعاد فالزمن يُقاس بأبعاد المسافة كما أنه في الإمكان قياس مسافات بأبعاد الزمن. ولذلك سُمي بالفضاء المنسجم أو Continuum وليست هذه ترجمة حرفية ولكنها تعطي المعنى المطلوب. [متواصل Continuum]

ولذلك سوف نستخدم رموزاً موحدة للتعبير عن الأبعاد الأربعة في هذا الفضاء المتواصل أو المنسجم وذلك كالتالي:

$$\begin{aligned} x &= X_1 \\ y &= X_2 \\ z &= X_3 \\ ct &= X_4 \end{aligned} \qquad (15)$$

ويعطى مربع المتجه الرباعي بالعلاقة التالية:

$$\phi^2 = X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 + X_4^2 \qquad (16)$$

والمتجه الرباعي $\phi(x_1, x_2, x_3, x_4)$ موجباً دائماً ويحدد أي نقطة p في الفضاء الزمني ويشبه في ذلك المتجه $\nu(x,y,z)$ في الفضاء الثلاثي.

ومن هذا المنطلق نجد أن النظرية النسبية ترتكز على ركيزتين أساسيتين وهما:

القاعدة الأولى : سرعة الضوء ثابتة في الفراغ ولا تتأثر بالحركة النسبية لهياكل الإسناد المختلفة.

القاعدة الثانية : القوانين الفيزيائية الصحيحة لاتتأثر بالحركة النسبية لهياكل الإسناد. وتُسمى هذه القاعدة بقاعدة التكافؤ، أي أن جميع هياكل الإسناد متكافئة في حساب الثوابت الفيزيائية المختلفة.

٢-٢ تعيين الفترة بين نقطتين في الفضاء الرباعي :

إذا وجدت نقطتين P_1 و P_2 في الفضاء الرباعي فإن المسافة بينهما وهي الفترة $\Delta\phi$ تُعطى من العلاقة التالية :

$$(\Delta\phi)^2 = (\Delta X_1)^2 + (\Delta X_2)^2 + (\Delta X_3)^2 + (\Delta X_4)^2 \qquad (17)$$

حيث، (شكل رقم(٤))

$$\begin{aligned} \Delta x_1 &= x_1^1 - x_1^2 \\ \Delta x_2 &= x_2^1 - x_2^2 \\ \Delta x_3 &= x_3^1 - x_3^2 \\ \Delta x_4 &= x_4^1 - x_4^2 \end{aligned} \qquad (18)$$

وإذا فرضنا أن شعاع من الضوء انطلق من النقطة p إلى النقطة p_2 فإن يقطع فترة ($\Delta\phi$) تعطي من المعادلة (17) .

ولقد وجد أينشتين أنه لكي تكون المعادلة الكهرومغنطيسية ثابتة تحت تحويلات لورنس ولكي تكون سرعة الضوء ثابتة في جميع هياكل الإسناد يجب أن تتلاشى الفترة بالنسبة لشعاع الضوء. أي أن الفترة بالنسبة لشعاع الضوء يجب أن تعطى من العلاقة:

$$(\Delta\phi)^2 = (\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2 + (\Delta x_3)^2 - (\Delta x_4)^2$$
$$= 0 \qquad (19)$$

بدلاً من العلاقة (17) وبذلك تكون $(\Delta\phi) = 0$
بالنسبة لشعاع الضوء وذلك لكي نحصل من المعادلة (19) على العلاقة التالية:

$$(\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2 + (\Delta x_3)^2 = (\Delta x_4)^2$$

أي أن:

$$(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 = (ct)^2$$

أي أن:

$$(\Delta r)^2 = c^2 (\Delta t)^2$$

$$c = \frac{\Delta r}{\Delta t} \qquad (20)$$

وفي الواقع فإن المعادلة (19) لاتستند إلى القوانين الرياضية الصحيحة المعروفة ولكنها تستند إلى محض الإفتراض بأن شعاع الضوء لايرى الفترات أو نقاط الفضاء الذي يجتازه ويعتبر جميع نقاط الفضاء الزمني متلاصقة مع بعضها البعض حتى أن جميع النقط تكون نقطة واحدة.

ولقد إقترح بعد ذلك العالم MinKowski أبعاداً أخرى للفضاء الزمني بوضع البعد الرابع تخيلياً، أي أن:

$$x_4 = ix_4 \qquad (21)$$

فبالتعويض عن x_4 في معادلة (19) نحصل على:

$$(\Delta\phi)^2 = (\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2 + (\Delta x_3)^2 + (\Delta x_4)^2$$

وتعرف هذه الأبعاد باسم MinKowskian coordinates .

ولم يوضح لماذا تكون الفترة متلاشية بهذه الأبعاد ولكنه اعتمد على نفس فرض أينشتين السابق.

٢-٤ تعارض فروض النظرية النسبية مع نظرية الكم:

حقيقة أن الزمن كمية حقيقية ويُمكن قياسها بالمعمل والزمن والطاقة يرتبطان معا من خلال النظرية التكاملية وقاعدة اللاتحديد حيث أن :

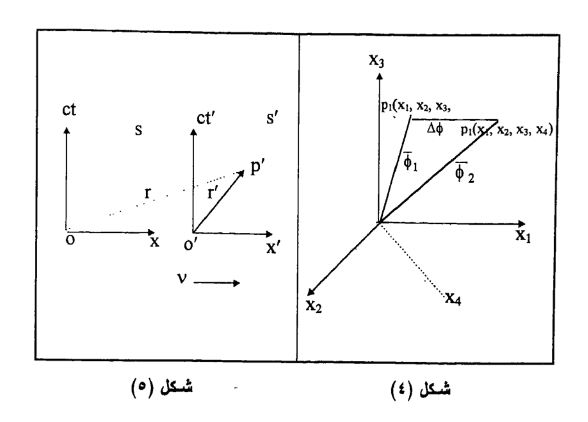
$$\Delta E \Delta t \cong \hbar \qquad (22)$$

حيث ، $\hbar = \frac{h}{2\Pi}$ و h هو ثابت بلانك.

وحيث أن معامل الطاقة الكلية في الميكانيكا الكمية يُعطى من العلاقة:

$$E \equiv \frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial t} \qquad (23)$$

حيث أن الزمن t لابد أن يكون حقيقياً فهنا يبدو التعارض حاداً بين النظرية النسبية ونظرية الكم التي ظهرت بعد النظرية النسبية بعشرين عاماً.



شكل (٥) شكل (٤)

٢-٥ استنتاج تحويلات لورنس :

نفرض أن هناك هيكل إسناد s وآخر s' متحرك بسرعة منتظمة v في اتجاه xx' كما هو موضح بشكل (٤) . لنفرض أن راصدين أحدهما في وضع السكون بالنسبة للنظام s' والآخر في وضع السكون بالنسبة للنظام s . ولنفرض أن محاور النظامين s ، s' تتحدان وتتطابقان عند زمن $t = t' = 0$ وعند ذلك الوقت أرسلت إشارة ضوئية من نقطة الأصل المشتركة لهيكلي الإسناد s و s' وبعد مضي زمن معين t وصلت الإشارة الضوئية إلى نقطة p' كما هو موضح

بمرسم ولتكن هذه النقطة تبعد مسافة $\bar{r}'$ من o' وتبعد مسافة $\bar{r}$ من o وتبعاً للفرض الثاني للنظرية النسبية الخاصة فإن سرعة الضوء c يجب أن تكون واحدة في جميع هياكل الإسناد وعلى ذلك فإن الوقت الذي يستغرقه الضوء ليقطع المسافتين $\bar{r}$ ، $\bar{r}'$ يجب أن يختلف:

$$\bar{r} = \bar{c}t \qquad r^2 = (ct)^2$$
$$\bar{r}' = \bar{c}t' \qquad r'^2 = (ct')^2 \qquad (24)$$

أي أن :

$$x^2 + y^2 + z^2 = c^2t^2$$
$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2t'^2 \qquad (25)$$

وبما أن الحركة في إتجاه xx' فإن الأبعاد العمودية لاتتأثر بالحركة، أي أن:

$$y = y' \quad , \quad z = z'$$

فإذا فرضنا أن النقطة p' تقع تماماً على المحور xx' فإن:

$$z = z' = 0 \quad , \qquad y = y' = 0$$

وبذلك تكتب معادلتي (25) كالتالي:

$$x^2 - c^2t^2 = 0$$
$$x'^2 - c^2t'^2 = 0 \qquad (26)$$

$$x^2 - c^2t^2 = x'^2 - c^2t'^2 \qquad (27)$$

فإذا أردنا التعبير عن xx' بدلالة x,t نجد أن:

$$x' = f(x,t)$$
$$t' = f(x,t) \qquad (28)$$

فإننا نفرض علاقة خطية بين x ، x' و t ، t' بحيث أنه لو حدثت حادثة في هيكل إسناد s' فإنه ممكن رصدها في هيكل إسناد s وكل نقطة في هيكل إسناد s' يمكن رصدها بنقطة واحدة في هيكل إسناد s . فإذا لم تكن هذه العلاقة خطية فإننا نتوقع وجود أكثر من نقطة في s نظير نقطة واحدة في s' . ولذلك فإن فرض العلاقة الخطية بين المتغيرات في هياكل الإسناد يتمشى مع واقع الظواهر الفيزيائية المُقاسة في هياكل الإسناد المختلفة.

ولذلك نفرض العلاقتين الخطيتين التاليتين:

$$x' = a_{11}x + a_{12}t$$
$$t' = a_{21}x + a_{22}t \qquad (29)$$

وبالرجوع إلى الأحوال الأولية للنظامين s' ، s نجد أنه عندما كانت $t' = 0$ و $x' = 0$ فإنه بعد مضي زمن t تقع النقطة o' على بعد x من o حيث:

$$x = vt \qquad (30)$$

ومن المعادلة (29) وبوضع $x' = 0$ نحصل على:

$$a_{11}x = -a_{12}t \qquad (31)$$

وبالمقارنة مع (30) نجد أن:

$$\nu = -\frac{a_{12}}{a_{11}} \qquad (32)$$

تحقق الأحوال الأولية للنظامين s ، s′ .

وبالتعويض في (29) نحصل على:

$$x' = a_{11}(x - \nu t) \qquad (33)$$

وبالتعويض في معادلة (27) عن x′ من معادلة (33) وعن t′ من معادلة (29) نحصل على:

$$x^2 - (ct)^2 = a_{11}^2(x - \nu t)^2 - c^2(a_{21}x + a_{22}t)^2$$

$$= a_{11}^2[x^2 - \nu^2 t^2 - 2\nu tx] - c^2[a_{21}^2 x^2 + a_{22}^2 t^2 + 2a_{21}a_{22}xt]$$

$$\therefore x^2[1 - a_{11}^2 + c^2 a_{21}^2] + 2xt[c^2 a_{21}a_{22} + \nu a_{11}^2] - t^2[c^2 + \nu^2 a_{11}^2 - c^2 a_{22}^2] = 0 \qquad (34)$$

وبما أن x , t متغيرات فإن معادلة (34) تتحقق إذا كانت جميع معاملات t , x مساوية للصفر. أي أن:

$$1 - a_{11}^2 + c^2 a_{21}^2 = 0 \qquad (35)$$

$$c^2 a_{21}a_{22} + \nu a_{11}^2 = 0 \qquad (36)$$

$$c^2 + \nu^2 a_{11}^2 - c^2 a_{22}^2 = 0 \qquad (37)$$

ومن معادلة (36) نحصل على:

$$\nu a_{11}^2 = -c^2 a_{21} a_{22} \qquad (38)$$

ومن معادلة (35) نحصل على:

$$a_{21}^2 = \frac{1}{c^2}(a_{11}^2 - 1) \qquad (39)$$

ومن معادلة (37) نحصل على:

$$a_{22}^2 = \frac{\nu^2}{c^2}\ a_{11}^2 + 1 \qquad (40)$$

بتربيع معادلة (38) نحصل على:

$$\nu^2 a_{11}^4 = c^4 a_{21}^2 a_{22}^2$$

وبالتعويض من معادلة (39) و(40) في (41) نحصل على:

$$\nu^2 a_{11}^4 = \frac{c^4}{c^2}\left(a_{11}^2 - 1\right)\left[\frac{\nu^2}{c^2}\ a_{11}^2 + 1\right]$$

$$\nu^2 a_{11}^4 = c^2\left[\frac{\nu^2}{c^2}\ a_{11}^4 + a_{11}^2 - \frac{\nu^2}{c^2}\ a_{11}^2 - 1\right]$$

$$= \nu^2 a_{11}^4 + c^2 a_{11}^2 - \nu^2\ a_{11}^2 - c^2$$

$$\left[1 - \left(\frac{v^2}{c^2} - 1\right) a_{11}^2\right] c^2 = 0$$

$$a_{11}^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = 1$$

$$a_{11}^2 = \frac{1}{\left(1 - v^2 \; c^2\right)}$$

$$a_{11} = \pm\left(1 - v^2/c^2\right)^{-1_2}$$

نضع: $\beta = v/c$

$$a_{11} = \pm \; 1/\sqrt{1-\beta^2} \qquad (42)$$

$$a_{21}^2 = \frac{1}{c^2}\left(a_{11}^2 - 1\right)$$

$$= \frac{v^2}{c^4}\left(1 - \beta^2\right)^{-1}$$

$$a_{21} = \pm\left(v/c^2\right)\left(1 - \beta^2\right)^{-1/2} \qquad (43)$$

$$a = (/c \quad a \qquad (44)$$

ومن معادلة (38) :

$$a = -c\ a \ (\ /c \ (1$$

$$= \quad ^{2} \ _{22}(\pm\nu/ \ ^{2} \quad _{11}$$

$$a = a \qquad (45)$$

ولتحقيق العلاقة (38) نجد أنه ممكن وضع:

$$a = (\ /c \quad a$$

$$a = a$$

حيث ،

$$\gamma = \Big/ \sqrt{\ -\beta^{2}}$$

$$a = \quad /c \qquad (46)$$

وبالتعويض في معادلتي(29) نحصل على تحويلات لورنس النسبية وهي كالتالي:

$$' = \quad -$$
$$'$$
$$' \qquad\qquad (47)$$
$$' = \quad - \quad / ^2$$

وللحصول على عكس تحويلات لورنس نعكس إشارة السرعة v نحصل على:

$$x = \gamma(x' - vt') \qquad (a)$$
$$y = y' \qquad (b)$$
$$z = z' \qquad (c) \qquad\qquad (48)$$
$$t = \gamma(t' - v x'/c\ ) \qquad (d)$$

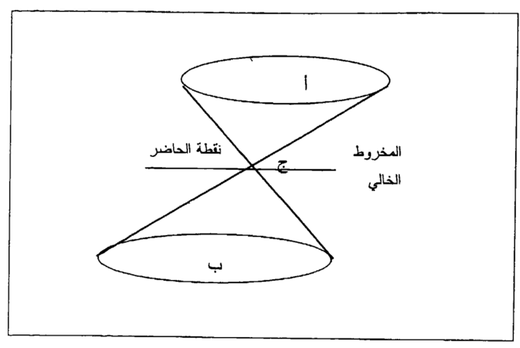
٢-٦ خط الحياة والمخروط الزمني:

باعتبار أن الفضاء زمنياً فإنه برصد نقطة ثابتة في مكانها بالنسبة للمحور $\bar{r}$ نراها تتحرك ببطء في توازي مع محور الزمن في إتجاه تزايده؛ فالأشياء الثابتة في مكانها تتحرك في اتجاه تزايد الزمن من الماضي إلى المستقبل مارة بالحاضر. ويُسمى الخط الذي يُحدد مسار جسم من الماضي إلى المستقبل ماراً بالحاضر بخط الحياة لهذا الجسم. ولا يُمكن لجسمين أن يكون لهما خط حياة واحد كما أنه لا يُمكن أن تتقاطع خطوط الحياة إلاَّ في حالة التصادم.

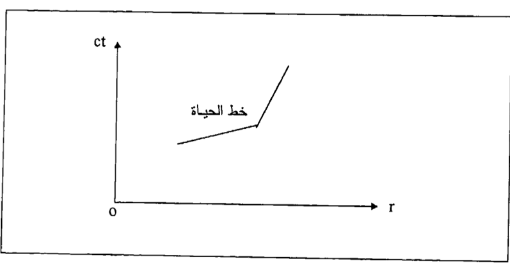
فمثلاً إذ انتقل عدة أشخاص من أماكن مختلفة من حَيّ من الأحياء إلى أماكن مختلفة في حَيّ آخر مارين جميعاً بمحطة سكة حديد واحدة مثلاً فإن مسار هذه الأجسام يكون مخروطاً زمنياً كما في شكل (٦) وتشتمل المساحة أ على نقط الماضي وتشتمل المساحة ب على نقط المستقبل أما النقطة ج فتُمثّل الحاضر لجميع الأجسام التي انتقلت من النقط في المساحة أ إلى النقط في المساحة ب . ويقع على جانبي المخروط الزمني مخروطاً خالياً من الأحداث بالنسبة لأعضاء المخروط الزمني تحت البحث ويُسمى بالمخروط الخالي The Null Cone .

ومعنى الحاضر بالنسبة لنظرية أينشتين أن كل عضو من أعضاء المخروط الزمني يُخالط الأعضاء الآخرين ويتفاعل معهم في مكان واحد وزمن واحد. أما الأعضاء خارج نطاق هذا المخروط فلا يشعرون بما داخله ولا يتفاعلون بتفاعلاتهم أي أنهم خارج نطاق الأحداث بالنسبة لهؤلاء الأعضاء أي أنهم في المخروط الخالي.

أما بالنسبة لنظرية نيوتن لترتيب الأحداث فإن الحاضر في هذه النظرية يُمثل جميع الأحداث في جميع الأماكن التي يشملها زمن واحد مثل ماهو موضح بشكل (٦) حيث يُمثل الحاضر جميع نقاط الخط المستقيم.



شكل (٦)



شكل (٧)

الباب الثالث

النظرية النسبية المُعدّلة

الباب الثالث

النظرية النسبية المعدلة

كما رأينا في الباب السابق أن النظرية النسبية الخاصة تبدأ بتحويلات لورنس النسبية بين نظام قصوري متحرك إلى آخر يعتبر ساكناً بالنسبة له وبالعكس، على أن تكون الحركة بسرعة خطية ثابتة وفي إتجاه واحد. وحيث أننا في عالم متحرك بصفة دائمة ولا مكان فيه للسكون المطلق، فنحن نعيش على كوكب دائم الحركة يدور حول محوره في حركة منتظمة وسرعة زاوية ثابتة تقريباً ولا تقتصر حركة الأرض على الدوران حول محور ثابت بل تنطلق في الفضاء بسرعة هائلة وهي تدور في نفس الوقت حول الشمس في قطع ناقص تكون الشمس في إحدى بؤرتيه.

ولذلك نجد أن النظرية النسبية الخاصة تقتصر في خصوصها على حالة واحدة فقط من الحركة قل أن توجد في الحياة العملية فإذا وجدت فهي حالات تقريبية. وذلك يجعلنا نفكر في طريقة لإيجاد تحويلات نسبية أكثر شمولاً وإحتواء للحركة في الحياة العملية.

ومن هذا المنطلق نجد أنه لاضرورة لفرض ثبات سرعة الضوء؛ فشعاع الضوء يصل إلينا مخترقاً عدة أوساط ضوئية ولها معاملات إنكسار مختلفة كما أن نتائج النظرية النسبية العامة أثبتت تأثر سرعة الضوء بقوى الجاذبية. ولذلك فإن فرض ثبات سرعة الضوء لايمكن إعتباره أساسياً في إستنتاجات النظرية النسبية

الخاصة. فضلاً عن ذلك فإن مركبات السرعة عموماً تتأثر بحركة هياكل الإسناد النسبية وهذا يجعل فرض ثبات سرعة الضوء أمراً أقرب للتقريب عن الواقع.

٣-١ استنتاج التحويلات النسبية المعدلة :

نفرض أن سرعة الضوء هي c' في هيكل الإسناد المتحرك s' بسرعة منتظمة $v_{x'}$ في إتجاه xx' ونفرض أن سرعة الضوء هي c في هيكل إسناد آخر s متحرك بسرعة v_x في إتجاه xx' أيضا كما في شكل (٨). وبإتباع طريقة مُشابهة للطريقة التي أُتبعت في استنتاج تحويلات لورنس النسبية سوف نعتبر نقطة ثابتة في s' تكون أبعادها هي x' و t' ، ولأن s' يتحرك بسرعة $v_{x'}$ فإن هذه النقطة الثابتة في s' تتحرك بنفس سرعة s' في الفضاء. وبوضع x' ، t' كدالة خطية في x ، t حيث:

$$x' = a_{11}x + c\, a_{12}t \qquad (49)$$

$$t' = \frac{1}{c} a_{21}x + a_{22}t \qquad (50)$$

وبحساب $\Delta x'$ و $\Delta t'$ من المعادلتين (49) و(50) نحصل على:

$$\Delta x' = a_{11}\Delta x + ca_{12}\, \Delta t \qquad (51)$$

$$\Delta t' = \frac{1}{c} a_{21}\Delta x + a_{22}\, \Delta t \qquad (52)$$

$$\therefore \quad \frac{\Delta x'}{\Delta t'} = \left[a_{11}\Delta x + ca_{12}\, (\Delta t)\right] \Big/ \left[\tfrac{1}{c}\, a_{21}\Delta x + a_{22}\, \Delta t\right] \qquad (A)$$

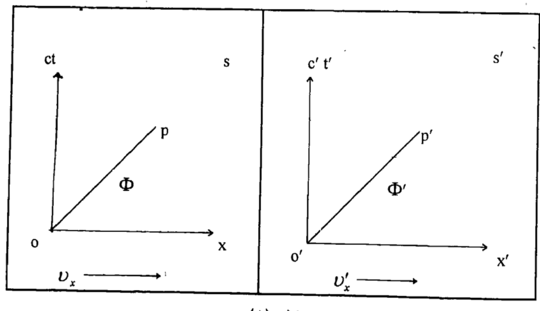
بالقسمة في البسط والمقام على Δt وبإعتبار التغير في المسافة والتغير في الزمن متناهياً في الصِّغَر:

$$\therefore\ v_{x'} = \frac{\Delta x'}{\Delta t'} = \left[a_{11} v_x + c a_{12}\right] \Big/ \left[\frac{1}{c} a_{21} v_x + a_{22}\right] \qquad (B)$$

وبمعلومية أن السرعة هي معدل تغير المسافة بالنسبة للزمن وهذا ينسحب على سرعة الضوء في إتجاه xx' وبمعلومية أن الضوء ينتشر بسرعة واحدة في جميع الإتجاهات في هيكل الإسناد الواحد نجد أن :

$$(\Delta x)^2 - c^2(\Delta t)^2 = (\Delta x')^2 - c'^2(\Delta t')^2 = 0 \qquad (53)$$

وهذه المعادلة صحيحة لجميع قيم c و c' .



شكل (٨)

وبوضع:

$$n = c'/c \qquad (54)$$

وباستخدام المعادلتين (51) و (52) وبالتعويض عن $\Delta x'$ وعن $\Delta t'$ في معادلة (53) وبإستخدام (54) نحصل على العلاقة التالية:

$$(\Delta x)^2 - c^2(\Delta t)^2 = \left[a_{11}(\Delta x) + ca_{12}(\Delta t)\right]^2 - (nc)^2\left[\frac{1}{c}a_{21}(\Delta x) + a_{22}(\Delta t)\right]^2 \qquad (55)$$

وبإعادة ترتيب الحدود نحصل على:

$$(\Delta x)^2\left[1 - a_{11}^2 + a_{21}^2 n^2\right] - c^2(\Delta t)^2\left[1 + a_{12}^2 - a_{22}^2 n^2\right] - 2\Delta x\Delta tc\left[a_{11}a_{12} - n^2 a_{22}a_{21}\right] = 0 \qquad (56)$$

ومن معادلة (56) نجد أن معاملات Δx ، Δt يجب أن تكون مساوية للصفر وبذلك نحصل على المعادلات الصفرية التالية:

$$1 - a_{11}^2 + n^2 a_{21}^2 = 0 \qquad (57)$$

$$1 + a_{12}^2 - n^2 a_{22}^2 = 0 \qquad (58)$$

$$a_{11}a_{12} - n^2 a_{21}a_{22} = 0 \qquad (59)$$

ومن معادلة (57) نحصل على:

$$a_{21}^2 = (a_{11}^2 - 1)/n^2 \qquad (60)$$

ومن معادلة (58) نحصل على:

$$a_{12}^2 = n^2 a_{22}^2 - 1 \qquad (61)$$

ومن معادلة (59) نحصل على:

$$a_{12}^2 a_{11}^2 = n^4 a_{21}^2 a_{22}^2 \qquad (62)$$

وبالتعويض عن a_{21}^2 ، a_{12}^2 من (60) ، (61) في معادلة (62) نحصل على:

$$a_{11}^2 \left[n^2 a_{22}^2 - 1\right] = n^2 a_{22}^2 \left[a_{11}^2 - 1\right] \qquad (63)$$

ومن معادلة (63) نجد أن:

$$a_{11}^2 = n^2 a_{22}^2 \qquad (64)$$

$$\therefore\ a_{11} = n a_{22} \qquad (65)$$

وبالتعويض من (65) في (62) نحصل على:

$$a_{12} = n a_{21} \qquad (66)$$

وبوضع:

$$\lambda = \nu_{x'}/\nu_x \qquad (67)$$

وبالتعويض في (B) من (67) و (66) و (65) نحصل على:

$$\lambda\nu_x\left[\frac{1}{c}a_{21}\nu_x + a_{22}\right] = a_{11}\nu_x + ca_{12}$$

$$\therefore \frac{\lambda}{c}\nu_x^2 a_{21} + \lambda\nu_x a_{22} = na_{22}\nu_x + ca_{12}$$

$$\therefore \lambda\nu_x a_{22}\left(1 - \frac{n}{\lambda}\right) = ca_{12} - \frac{\lambda}{c}\nu_x^2 a_{21} \qquad (68)$$

وبالتعويض من (66) في (68) نحصل على:

$$\therefore \lambda\frac{\nu_x}{c}\left[1 - \frac{n}{\lambda}\right]a_{22} = a_{12}\left[1 - \frac{\lambda}{n}\frac{\nu_x^2}{c^2}\right] \qquad (69)$$

وبالتعويض عن λ وعن n في (69) نحصل على:

$$\therefore \frac{\nu_{x'}}{\nu_x}\frac{\nu_x}{c}\left[1 - \frac{c'}{c}\frac{\nu_x}{\nu_{x'}}\right]a_{22} = \left[1 - \frac{\nu_{x'}}{\nu_x}\frac{c}{c'}\frac{\nu_x^2}{c^2}\right]a_{12}$$

ولكن:

$$c = c'/n$$

وبوضع:

$$\beta_x = \nu_x/c \quad ، \quad \beta_{x'} = \nu_{x'}/c'$$

$$\therefore n\frac{\nu_{x'}}{c'}\left[1 - \beta_x/\beta_{x'}\right]a_{22} = \left[1 - \beta_{x'}\beta_x\right]a_{12} \qquad (70)$$

$$n[\beta_{X'} - \beta_X] a_{22} = [1 - \beta_{X'} \beta_X] a_{12}$$

$$\therefore a_{22} = \frac{1}{n} \frac{[\beta_{X'} - \beta_X]}{[1 - \beta_{X'} \beta_X]} a_{12} \qquad (71)$$

وبتربيع (71) وبإستخدام معادلة (61) للتعويض عن a_{12}^2 في (71) نحصل على:

$$a_{22}^2 = \frac{1}{n^2} \frac{[\beta_{X'} - \beta_X]^2}{[1 - \beta_{X'} \beta_X]^2} [n^2 a_{22}^2 - 1] \qquad (72)$$

$$a_{22}^2 \left[1 - \frac{(1 - \beta_{X'} \beta_X)^2}{(\beta_{X'} - \beta_X)^2}\right] = -\frac{(1 - \beta_{X'} \beta_X)^2}{n^2 (\beta_{X'} - \beta_X)^2}$$

$$a_{22}^2 = \frac{(1 - \beta_{X'} \beta_X)^2}{n^2 (\beta_{X'} - \beta_X)^2} \Bigg/ \left[\frac{(1 - \beta_{X'} \beta_X)^2}{(\beta_{X'} - \beta_X)^2} - 1\right]$$

$$a_{22}^2 = \frac{1}{n^2} \Bigg/ \left[1 - \frac{(\beta_{X'} - \beta_X)^2}{(1 - \beta_{X'} \beta_X)^2}\right]$$

$$a_{22}^2 = \frac{1}{n^2} \Big/ [1 - \beta^2]$$

$$\beta^2 = [\beta_{X'} - \beta_X]^2 \Big/ [1 - \beta_{X'} \beta_X]^2 \qquad (73)$$

$$\beta = \pm \frac{[\beta_{X'} - \beta_X]}{[1 - \beta_{X'} \beta_X]} \qquad (74)$$

بوضـع:

$$\gamma^2 = 1/\left[1-\beta^2\right] \tag{75}$$

نحصل على:

$$a_{22}^2 = \frac{\gamma^2}{n^2}$$

$$a_{22} = \pm\frac{\gamma}{n} \tag{76}$$

$$\gamma = \pm 1/\sqrt{1-\beta^2} \tag{77}$$

من معادلة (65) نجد أن:

$$a_{11} = \pm 1/\sqrt{1-\beta^2}$$

$$a_{11} = \pm\gamma \tag{78}$$

ومن معادلة (61) :

$$a_{12}^2 = n^2\frac{\gamma^2}{n^2} - 1$$

$$= \gamma^2 - 1$$

$$= \frac{1}{1-\beta^2} - 1 = \frac{1-1+\beta^2}{1-\beta^2}$$

$$a_{12}^2 = \gamma^2\beta^2$$

$$a_{12} = \pm\gamma\beta \tag{79}$$

ومن معادلة (66) :

$$a_{21} = \pm \frac{\gamma}{n} \beta \qquad (80)$$

وبالتعويض عن a_{11} ، a_{22} ، a_{12} ، a_{21} في معادلتي (49) و (50) نحصل على تحويلات لورنس النسبية المعدلة:

$$x' = \gamma\left[x \pm c\beta t\right] \qquad (80)$$

$$t' = \frac{\gamma}{n}\left[t \pm \beta \frac{x}{c}\right] \qquad (81)$$

حيث تعطى β^2 من المعادلة (73) ، γ^2 من المعادلـة (75) وباعتبـار قـاعدة التنـاظر أو Correspondence principle فكمـا أن تحويـلات جـاليليو الكلاسـيكية تعطى من:

$$x' = x - vt$$

فإننا سنعتبر الإشارة السالبة في تحويلات لورنس النسبية المعدلة حيث تكون:

$$x' = \gamma(x - c\beta t) \qquad (a)$$

$$y' = y \qquad (b)$$

$$z' = z \qquad (c) \qquad (83)$$

$$t' = \frac{\gamma}{n}\left(t - \beta\frac{x}{c}\right) \qquad (d)$$

$$n = c'/c$$

وعكس تحويلات لورنس النسبية المعدلة هي:

$$x = \gamma(x' + c'\beta t') \qquad (a)$$

$$y = y' \qquad (b)$$

$$z = z' \qquad (c) \qquad (84)$$

$$t = \frac{\gamma}{n'}\left(t' + \beta\frac{x'}{c'}\right) \qquad (d)$$

$$n' = c/c'$$

٢-٣ مناقشة التحويلات النسبية المعدلة :

بالنظر إلى كل من معادلات (83) ، (84) نجد أنها تشبه كل من معادلات (47) ، (48) بإستثناء ظهور الثابت n و n' في كل من (83 d) ، (84 d) وظهور سرعة الضوء c' في النظام القصوري S' المتحرك بسرعة $v_{x'}$ في إتجاه $x - x'$.

وكذلك الثابتان β ، γ المعطيان بالمعادلتين (74) ، (77) على الترتيب.

أما الثابت n فهو يسمى بالنسبة الضوئية ويبين لنا نسبة التغير في سرعة الضوء بإنطلاقه من نظام قصوري متحرك بسرعة v' إلى نظام قصوري آخر متحرك بسرعة v متأثراً بمجال الجاذبية في كل نظام قصوري وبالعوامل الأخرى التي قد تؤثر في سرعة الضوء مثل الحركة النسبية بين هياكل الإسناد.

ولسوف نرى فيما يتبع أن مركبات السرعة تتأثر في قيمتها بسرعة هياكل الإسناد ، فليس منطقياً أن نفرض عدم تغير سرعة الضوء بسرعات هياكل الإسناد المختلفة . فإذا فرضنا أن أحد هياكل الإسناد ثابت بالنسبة للآخر فإن هذه حالة خاصة نحصل عليها من العلاقة (74) بوضع $v_x = 0$ فتكون $\beta_x = 0$ فتكون $\beta = \frac{v_{x'}}{c}$ حيث $v_{x'}$ هي سرعة s' بالنسبة للنظام القصوري الثابت s في إتجاه $x'x$.

أما إذا كانت $v_x = 0$ واقتربت $v_{x'}$ من سرعة الضوء c' فإن $\beta \rightarrow 1$. والعكس الصحيح إذا كانت $v_{x'} = 0$ واقتربت v_x من سرعة الضوء c فإن $\beta \rightarrow 1$ أيضا . أما إذا كانت $v_x \neq 0$ واقتربت $v_{x'}$ من سرعة الضوء c' فإن $\beta \rightarrow 1$ أيضا . ونفس الشئ يحدث لو إقتربت v_x من سرعة الضوء c وكانت $v_{x'} \neq 0$ فإن $\beta \rightarrow 1$ أيضاً وبذلك وفي جميع هذه الأحوال تصبح $\gamma \rightarrow \infty$. أي أن نطاق عمل هذه النظرية المعدلة هو نفس نطاق عمل نظرية أينشتين والشرط لصحة العلاقات (83) ، (84) أن تكون $\beta_{x'} < 1$ ، $\beta_x < 1$.

ا إذا كانت $\frac{v_{x'}}{c'} = \frac{v_x}{c}$ نجد من معادلتي (74) ، (77) $\beta = 0$ ، $\gamma = 1$ هذه هي الحالة الكلاسيكية وهي ترادف الحالة التي يكون فيها $v = 0$ في حويلات لورنس النسبية. أما إذا كانت $v_{x'} = v_x$ أي أن السرعة النسبية بين لنظامين s' ، s متلاشية لإنطلاق كل منهما بنفس السرعة وبنفس الإتجاه فإن لعلاقة (74) مازالت قائمة أي أن $\beta \neq 0$ وذلك لإختلاف c عن c' في النظرية النسبية المعدلة . أما في حالة $\beta_{x'} \beta_x = 1$ أي أن $\beta_{x'} = \frac{1}{\beta_x}$ فإن $\beta = \infty$

و $\gamma = 0$ وفي هذه الحالة ينعدم مجال إستخدام النظرية النسبية المعدلة . ومعنى ذلك أنه لو كانت:

$$\frac{v_{x'}}{c'} = \frac{c}{v_x}$$

لأمكن الحصول على سرعات $v_{x'}$ أكبر من سرعة الضوء c' في هيكل إسناد s' . وهذه الحالة خارج نطاق كل من النظرية النسبية الخاصة والنظرية النسبية المعدلة. وعلى ذلك تكون γ دائماً أكبر من الوحدة في مجال إستخدام النظرية النسبية المعدلة أي أن الشرط $\gamma > 1$ مازال قائماً. وكذلك يجب أن يكون كل من v_x ، $v_{x'}$ محققاً للشرط $v_x < c$ ، $v_{x'} < c'$.

والآن نفرض أن $c = c'$ ففي هذه الحالة نجد أن $\beta_{x'} \neq \beta_x$ ونجد أن المعادلة (74) ماتزال قائمة وصحيحة.

ونستنتج من ذلك أن فرض ثبات سرعة الضوء ليس ضرورياً لإستنتاج التحويلات النسبية بين هياكل الإسناد المختلفة وأن الثابت n قد يساوي الوحدة أو يساوي عدد كسري فهذا لن يغير من شكل العلاقة (74) . أما إذا تساوت $c = c'$ ، $v_{x'} = v_x$ فإن $\beta = 0$ ، $\gamma = 1$ كما رأينا سالفاً .

والآن ماذا يحدث لو إحتفظ النظام القصوري s بسرعته v_x وإتجاهه في إتجاه $x - x'$ وغير النظام القصوري s' سرعته فأصبحت $-v_{x'}$ في الإتجاه المضاد أي في إتجاه $x' - x$ نجد أن β من العلاقة (74) تصبح كالتالي:

$$\beta = \pm[\beta_x - \beta_{x'}]/[1 + \beta_{x'}\beta_x] \quad (85)$$

أي أن β تتغير قيمتها بخلاف ماهو معروف في النظرية النسبية الخاصة.

أما إذا غيّر كل مـن النظـامين القصوريين إتجاههما فأصبحت $v_{x'} = -v_{x'}$ ،

$v_x = -v_x$ فإن β^2 تظل محتفظة بقيمتها وتتغير إشارة β .

وللحصـول علـى تحويـلات لورنـس النسـبية تبعاً لنظريـة أينشـتين نضـع $c = c'$

ونضع $v_x = 0$ نحصل من معادلات (83) ، (84) على المعادلات التالية:

$$\begin{aligned} x' &= \gamma(x - vt) \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right) \end{aligned} \quad (86)$$

وعكس تحويلات لورنس:

$$\begin{aligned} x &= \gamma(x' + vt') \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= \gamma\left(t' + \frac{vx'}{c^2}\right) \end{aligned} \quad (87)$$

حيث $v = v_{x'}$ وحيث $\beta = \frac{v}{c}$

الباب الرابع

الفضاء العربي

الباب الرابع

الفضاء العربي

٤-١ المحاور العربية النسبية

نعلم أن تحويلات لورنس النسبية ممكن التعبير عنها بمصفوفة التحويل المعرفة في فضاء ريمان وتكتب بالشكل التالي:

$$\eta = \begin{bmatrix} \gamma & 0 & 0 & -\gamma\beta c \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\beta\gamma/c & 0 & 0 & \gamma \end{bmatrix} \qquad (88)$$

وفي الفضاء الزمني المتجانس حيث تكتب الأبعاد الأربعة كالتالي:

$$x_1 = x$$
$$x_2 = y$$
$$x_3 = z$$
$$x_4 = ct$$

فتكتب مصفوفة التحويل كالتالي:

$$\eta = \begin{bmatrix} \gamma & 0 & 0 & -\gamma\beta \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\beta\gamma & 0 & 0 & \gamma \end{bmatrix} \qquad (89)$$

فإذا ضربت η في المصفوفة η^{*t} وهي المصفوفة المعكوسة الهرميتية لها.

$$\eta\eta^{*t} = \begin{bmatrix} \gamma & 0 & 0 & -\gamma\beta \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\gamma\beta & 0 & 0 & \gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \gamma & 0 & 0 & -\gamma\beta \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\gamma\beta & 0 & 0 & \gamma \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \gamma^2 + \gamma^2\beta^2 & 0 & 0 & -2\gamma^2\beta \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -2\gamma^2\beta & 0 & 0 & \gamma^2 + \gamma^2\beta^2 \end{bmatrix} \neq 1 \qquad (90)$$

$$\therefore \eta^{*t} \neq \eta^{-1} \qquad (91)$$

أي أن المصفوفة η ليست مصفوفة وحدوية وأن التحويل بالمصفوفة η ليس تحويلاً وحدوياً unitary ولذلك فإن المتجه الرباعي لايكون محفوظاً تحت تحويلات لورنس النسبية إلا إذا كان مساوياً للصفر.

وكما هو معروف في ميكانيكا الكم أن أي نظام محفوظ متزن فإن ثوابته الفيزيائية تكون ثابتة ومحفوظة تحت أي تحويلات في المحاور. ومصفوفة التحويل التي تحتفظ بهذه الثوابت تسمى مصفوفة وحدوية unitary ومن خصائص المصفوفة الوحدوية أن تكون هيرميتية وأن يكون مقلوبها مساوياً لمعكوسها الهيرميتي فإذا استبدلنا الأعمدة بالصفوف في المصفوفة الوحدوية وأخذنا المرافق لكل عنصر فإن المصفوفة الناتجة تساوي مقلوب المصفوفة الوحدوية. أي أن:

$$U^{+} = U^{-1}.$$

حيث U هي المصفوفة الوحدوية.

حيث يسمى U^{+} المعكوس الهيرميتي – Hermitian Adjoint – وكما نرى من (88) و(89) و(90) أن مصفوفة التحويل في فضاء ريمان ليست مصفوفة وحدوية. وبالتالي لايمكن أن تحفظ قيمة مربع المتجه الرباعي ثابتة إلا إذا كانت قيمة المتجه الرباعي صفراً.

٢-٤ مصفوفة التحويل في الفضاء العربي :

سوف نقترح محاور جديدة في الفضاء الزمني المتجانس تشكل الفضاء العربي وهي خاضعة للعلاقات التالية:

$$\begin{aligned} x_1 &= a^{-1} x && (a) \\ x_2 &= y && (b) \\ x_3 &= z && (c) \\ x_4 &= a^{-1} ct && (d) \end{aligned} \qquad (92)$$

حيث ،

$$a^{-2} = \gamma^2 (1+\beta^2) \qquad (93)$$

$$\gamma^2 = 1/(1+\beta^2) \qquad (94)$$

حيث β و γ تحققان العلاقتين (74) ، (77) على الترتيب.

وممكن إعادة صياغة معادلتي (83) ، (84) بعد التعويض عن $n = \frac{c'}{c}$ فيكتبان بالطريقة التالية:

$$x' = \gamma\,(x \pm \beta ct) \qquad (a)$$
$$y' = y \qquad (b)$$
$$z' = z \qquad (c)$$
$$ct' = \gamma\,(ct \pm \beta x) \qquad (d)$$
$$(95)$$

وباستخدام المحاور العربية في الفضاء العربي الزمني المتجانس نستطيع صياغة المعادلة (95) بالشكل التالي:

$$X_1' = a\gamma(x_1 \pm \beta x_4) \qquad (a)$$
$$X_2' = x_2 \qquad (b)$$
$$X_3' = x_3 \qquad (c)$$
$$X_4' = a\gamma(x_4 \pm \beta x_1) \qquad (d)$$
$$(96)$$

ومعادلات (96) هي معادلات التحويل النسبية في الفضاء العربي الرباعي المتجانس . ونجد أن مصفوفة التحويل Λ هي كالتالي:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} a\gamma & 0 & 0 & -a\gamma\beta \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ a\gamma\beta & 0 & 0 & a\gamma \end{bmatrix} \qquad (97)$$

وذلك بأخذ العلامة السالبة في (a) وأخذ العلامة الموجبة في (d) في معادلة (96).
وبحساب المعكوس الهيرميتي نجد أن:

$$\Lambda^{+} = \Lambda^{-1} \qquad (98)$$

أي أن مصفوفة التحويل Λ مصفوفة وحدوية.

وبالتالي فإن المتجه الرباعي يصير محفوظاً كما أن الفترة محفوظة أيضاً تحت التحويلات النسبية في الفضاء الرباعي ولجميع قيمهما.

وممكن ملاحظة بسهولة أن:

$$a^2\gamma^2 + a^2\gamma^2\beta^2 = 1 \qquad (99)$$

$$a^2\gamma^2\beta - \beta a^2\gamma^2 = 0 \qquad (100)$$

حيث ،

$$a^2 = (1-\beta^2)/(1+\beta^2)$$

وعموماً ممكن القول أن المصفوفة Λ مؤهلة لتحويل المحاور في الفضاء العربي الرباعي مع الاحتفاظ بالقيم الوحيدة أو الذاتية لأي منظور ديناميكي تحت البحث في أي هيكل إسناد متحرك.

٣-٤ ثبات المتجه الرباعي Φ تحت التحويلات النسبية في الفضاء الرباعي العربي:

يكتب المتجه الرباعي Φ في نظام قصوري S' بالشكل التالي:

$$(\Phi')^2 = x_1'^2 + x_2'^2 + x_3'^2 + x_4'^2 \qquad (101)$$

باستخدام المعادلات (96) في (101) نحصل على:

$$(\Phi')^2 = a^2\gamma^2(x_1-\beta x_4)^2 + x_2^2 - x_3^2 + a^2\gamma^2(x_4-\beta x_1)^2$$
$$= (a^2\gamma^2 + a^2\gamma^2\beta^2)x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + (a^2\gamma^2\beta^2 + a^2\gamma^2)x_4^2$$
$$-(2a^2\gamma^2\beta - 2a^2\gamma^2\beta)x_4x_1$$
$$= (\Phi)^2 \qquad (102)$$

وهذا واضح من العلاقتين (99) ، (100) . أي أن المتجه الرباعي ثابت تحت تأثير التحويلات النسبية في الفضاء العربي.

٤.٤ ثبات الفترة $(\Delta\Phi)$ تحت تأثير التحويلات النسبية في الفضاء الرباعي العربي:

ممكن كتابة الفترة بين نقطتين P_1' و P_2' في النظام القصوري S' كالتالي:

$$(\Delta\Phi')^2 = \left(x_1'(p_1') - x_1'(p_2')\right)^2 + \left(x_2'(p_1') - x_2'(p_2')\right)^2 + \left(x_3'(p_1') - x_3'(p_2')\right)^2$$
$$+ \left(x_4'(p_1') - x_4'(p_2')\right)^2$$
$$= (\Delta x_1')^2 + (\Delta x_2')^2 + (\Delta x_3')^2 + (\Delta x_4')^2 \qquad (103)$$

وبكتابة المعادلات (96) بالشكل التالي:

$$\begin{aligned} \Delta x_1' &= a\gamma(\Delta x_1 - \beta\Delta x_4) && (a)\\ \Delta x_2' &= \Delta x_2 && (b)\\ \Delta x_3' &= \Delta x_3 && (c)\\ \Delta x_4' &= a\gamma(\Delta x_4 + \beta\Delta x_4) && (d) \end{aligned} \qquad (104)$$

وبالتعويض من (104) في (103) نحصل على الآتي:

$$(\Delta\Phi')^2 = a^2\gamma^2(\Delta x_1 - \beta\Delta x_4)^2 + (\Delta x_2)^2 + (\Delta x_3)^2 + a^2\gamma^2(\Delta x_4 - \beta\Delta x_1)^2$$

$$= (a^2\gamma^2 + a^2\gamma^2\beta^2)(\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2 + (\Delta x_3)^2$$

$$+ (a^2\gamma^2 + a^2\gamma^2\beta^2)\Delta x_4^2 + 2(a^2\gamma^2\beta - a^2\gamma^2\beta)\Delta x_4 \Delta x_1$$

$$= (\Delta\Phi)^2 \qquad (105)$$

ونستنتج من ذلك أن الفترة ($\Delta\Phi$) ثابتة تحت تأثير التحويلات النسبية العربية في الفضاء الرباعي العربي.

٤-٥ الممتـد الإتجاهي : $g_{\mu\gamma}$: The Metric Tensor

رأينا في النظرية النسبية لأينشتين أن الفترة $\Delta\Phi$ تعرف في الفضاء الزمني الرباعي المتجانس بالشكل التالي:

$$(d\Phi)^2 = (dx_1)^2 + (dx_2)^2 + (dx_3)^2 - (dx_4)^2 \qquad (106)$$

حيث يمكن كتابة معادلة (106) بدلالة الممتد الاتجاهي $g_{\mu\gamma}$ كالتالي:

$$(d\Phi)^2 = g_{\mu\gamma}\, dx_\mu\, dx_\gamma \qquad (107)$$

$$\mu, \gamma = 1,2,3,4$$

حيث يعطي بالمصفوفة التالية:

$$g_{\mu\gamma} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \qquad (108)$$

ونلاحظ أن مجموع عناصر القطر هو 2 .

والغرض من أن الفترة تحدد بالمعادلة (106) في فضاء ريمان الرباعي المتجانس باتخاذ الإشارة السالبة للبعد الرابع x_4 هو الإحتفاظ بثبات المعادلة الكهرومغنطيسية وتثبيت الفترة على القيمة الصفرية لها. ولذلك اعتبرت الفترة متلاشية بالنسبة لشعاع الضوء. وعلى حسب نظرية ريمان فإن لكل فضاء إعتباري شخصية متميزة تظهر في عناصر القطر للممتد الإتجاهي الذي تتحدد الفترة به. وهذه السمة المتميزة تشبه بصمة الاصبع بالنسبة للفضاء الإعتباري ونسمى بإمضاء الفضاء Space Signature وهي مجموع العناصر في قطر الممتد الإتجاهي $g_{\mu\gamma}$.

٤-٦ إمضاء الفضاء العربي :

باستخدام التحويلات العربية النسبية المعطاة بالمعادلة (104) نحصل على الفترة $(d\Phi)^2$ بالشكل التالي:

$$(d\Phi)^2 = g_{\mu\gamma}\, dx_\mu\, dx_\gamma \qquad (109)$$

$$\mu , \gamma = 1,2,3,4$$

حيث يعطي الممتد الإتجاهي في الفضاء العربي الرباعي بالمصفوفة التالية:

$$g_{\mu\gamma} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (110)$$

ونلاحظ أن جميع عناصر القطر موجبة ومساوية للوحدة وأن **مجموع** عناصر القطر هو 4 . وهذه هي إمضاء الفضاء العربي.

٤ـ٧ علاقة الفضاء العربي بفضاء ريمان:

ممكن كتابة العلاقة بين الفضاء العربي وفضاء ريمان كالتالي:

$$x_{\mu} = A_{\mu\gamma}\, x_{\gamma} \qquad \mu , \gamma = 1,2,3,4 \qquad (111)$$

حيث يمكن كتابة مصفوفة التحويل A بالشكل التالي:

$$A = \begin{bmatrix} a^{-1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a^{-1} \end{bmatrix} \qquad (112)$$

أي أن مصفوفة التحويل من الفضاء الريماني إلى الفضاء العربي تعتمد على قيمة β حيث يعطي a^{-1} من العلاقة:

$$
\begin{aligned}
a^{-1} &= (1+\beta^2)^{1/2} \big/ (1-\beta^2)^{1/2} \\
&= \gamma(1+\beta^2)^{1/2} \\
\beta \quad &= (\beta_{x'} - \beta_x)/(1-\beta_{x'}\beta_x) \\
\beta_{x'} &= v_{x'}/c' \quad , \quad \beta_x = v_x/c
\end{aligned}
\qquad (113)
$$

من دراسة المعادلة (113) نجد أن β_x ، $\beta_{x'}$ قد تصل قيمة كل منهما إلى الوحدة على إنفراد وفي هذه الحالة تصير قيمة β الوحدة وتؤول γ إلى ما لانهاية خارجة عن النطاق الفيزيائي.

أما إذا وصلت β_x إلى الوحدة و $\beta_{x'}$ إلى الوحدة في نفس الوقت فإن β تصير إلى الصفر وتصير γ إلى الوحدة ، أما اذا زادت β_x أو $\beta_{x'}$ عن الوحدة أصبحت $\beta>1$ و γ تخيلية. وأهم مايميز الصيغة الجديدة للثابت β هو أنه ممكن أن تأخذ كل من $\beta_{x'}$ و β_x قيماً أكبر من الوحدة معاً في نفس الوقت مع الإحتفاظ بقيمة كسرية أقل من الوحدة للثابت β .

٤-٨ ثبات المعادلة الكهرومغنطيسية تحت التحويلات النسبية العربية في الفضاء العربي :

تكتب المعادلة الكهرومغنطيسية لشعاع من الضوء منتشراً بسرعة c' في الاتجاه x' في هيكل إسناد قصوري s' الذي ينطلق بسرعة $v_{x'}$ في إتجاه $x\text{-}x'$ بالنسبة لراصد في نظام قصوري آخر s الذي ينطلق بسرعة v_x في إتجاه $x\text{-}x'$ أيضاً، فهذه المعادلة تكتب كالتالي:

$$
x'^2 = c'^2 t'^2 \qquad (114)
$$

وفي الفضاء العربي فإن المعادلة (114) تكتب كالتالي:

$$x_1'^2 = x_4'^2 \qquad (115)$$

وباستخدام التحويلات النسبية العربية (96) نحصل على الآتي:

$$(x_1 - \beta x_4)^2 = (x_4 - \beta x_1)^2$$

وذلك بأخذ العلامة السالبة في كل من (a) ، (d) في معادلة (96)، وبذلك نحصل على:

$$x_1^2(1-\beta^2) = x_4^2(1-\beta^2)$$

$$\therefore \quad x_1^2 = x_4^2 \qquad (116)$$

أي أن المعادلة الكهرومغنطيسية ثابتة تحت التحويلات النسبية العربية. وفي هذه الحالة نجد أن مصفوفة التحويل هي:

$$\eta = \begin{bmatrix} a\gamma & 0 & 0 & -a\gamma\beta \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -a\gamma\beta & 0 & 0 & a\gamma \end{bmatrix} \qquad (117)$$

والمصفوفة η هيرمينية متماثلة، ولكنها ليست وحدوية أي أن معكوسها الهيرميني لايساوي مقلوبها أي أن $\eta^{*t} \neq \eta^{-1}$ أي أن $\eta^{*t}\eta \neq 1$ ، وعندما تصير $\beta=0$ أي أن $\beta_{x'} - \beta_x = 0$ وذلك يحدث عندما تكون $\frac{\nu_{x'}}{\nu_x} = \frac{c'}{c}$ فإن $\eta^{*t} = \eta^{-1}$

وتصير المصفوفة η وحدوية. وهذا متفق مع الفرض إذ فرضنا أولاً أن $c' \neq c$ و $v_{x'} \neq v_x$ وكذلك $v_x \neq c$ و $v_{x'} \neq c'$ ولكن لو حدث في لحظة ما أن تساوت $v_{x'}$ مع v_x لأصبحت c' مساوية c ، وبالتالي تساوي قياس الزمن والمسافة في هيكلي الإسناد s' و s وأصبحت γ مساوية للوحدة.*

ولذا نجد أن التحويلات النسبية العربية في الفضاء العربي الرباعي تحفظ المعادلة الكهرومغنطيسية ثابتة ولاتتأثر قيم السرعات في كِلا الهيكلين s' و s بهذا التحويل فتظل كما هي في الفرض.

٤-٩ التناقض الزمني : Time Paradox or Twinn Paradox

في هذه المرحلة نستطيع القول أن التعارض الحاد بين نظرية الكم والنظرية النسبية قد تلاشى إلى حد بعيد ولم يبق إلا التناقض الزمني. ولمناقشة هذا التناقض نبدأ بمناقشة الظاهرتين المصاحبتين للحركة النسبية بين هيكل الإسناد؛ وهي ظاهرة الإنكماش الطولي وظاهرة التراخي الزمني Time Diletation .

٤-٩-١ ظاهرة الإنكماش الطولي : Length Contraction

نفرض أن s' يتحرك بسرعة $v_{x'}$ في الإتجاه $x\text{-}x'$ وأن s يتحرك بسرعة v_x في الإتجاه $x\text{-}x'$ أيضاً، وأنه يوجد جسم في s' بحيث يكون طوله L_0 في اتجاه الحركة أي في إتجاه $x\text{-}x'$ ، ورصد هذا الطول في s فكان L . فإذا

---

* نلفت النظر هنا أنه ليس ضرورياً في الفضاء العربي أن تكون $c=c'$ و $v'_x = v_x$ لكي تُصبح η وحدوية ولكن يكفي أن يكون $\frac{v'_x}{v_x} \doteq \frac{c'}{c}$ لكي تُصبح η وحدوية. عندئذ تصير $\beta=0$ وتُصبح $a\gamma = 1$.

أعتبرنا الطول L و L_0 هما المسافة بين نقطتين في أول الجسم المرصـود وآخـره فبإستخدام العلاقة (83a) نجد أن:

$$\Delta x' = \gamma \Delta x$$
$$L_0 = \gamma L \qquad (118)$$

حيث ،

$$\Delta x' = L_0$$
$$\Delta x = L$$

وبما أن $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ و β دائما أقل مـن الوحدة فـإن $\gamma > 1$ فنجد أن الطـول المقاس L في s يبدو أقل من الطول الحقيقي L_0 في s' ؛ حيث:

$$L_0/L = \gamma \qquad (119)$$

أي أن الطول المقاس في s يبدو أقل مـن الطـول الحقيقـي L_0 وهـذه هـي ظـاهرة الإنكماش الطولـي.

وعندما $v_{x'} = v_x$ فإن السرعة النسبية بين s' و s تصبح صفراً وبالتـالي فـإن سرعة الضوء c' تساوي c وبالتالي $\beta_{x'}$ تساوي β_x وتصبح β مساوية للصفـر وتصبح γ مساوية للوحدة. وبذلك نجد أن $L_0 = L$.

٤-٩-٢ ظاهرة التراخي الزمني : Time Diletation

عند قياس الزمن بالنسبة لجسم يتحرك بسرعة كبيرة بالنسبة للأرض مثـلاً s فلابـد لنـا مـن قيـاس الزمـن بالمقـاييس المعروفـة لدينـا علـى الأرض لأن هــذه المقاييس قد تمت معايرتها وارتبطت هذه المعايير بحركة الشمس الظاهريـة، أمـا قياس الزمن على هيكل إسناد s' منطلق بسرعة كبيرة خارج الكرة الأرضية فإن

مفهوم الزمن على هيكل الإسناد s' يختلف عن مفهومه على الأرض ولذلك نستخدم عكس تحويلات لورنس المعدلة أي أن:

$$\Delta t = \frac{\gamma}{n}\Delta t' \qquad (120)$$

حيث Δt الفترة الزمنية في s و $\Delta t'$ الفترة الزمنية في s' . نجد أن الفترة الزمنية المُقاسة في s تبدو أطول من المُقاسة في s' إذا كانت $n=1$.

وهي العلاقة المستمدة من تحويلات لورنس النسبية ولكن وجود n وهي النسبة الضوئية في التحويلات النسبية المعدلة تعطي إحتمالاً بتساوي الفترة الزمنية لو استطعنا إستحداث ساعة ضوئية تتأثر بسرعة الضوء الساقط عليها حيث تكون النسبة الضوئية في هذه الحالة $n=c/c'$. وكذلك ممكن قياس الزمن في هيكل الإسناد s' وضبط النسبة الضوئية في الساعة التي في s' حيث تكون $n= c / c'$ حتى تصبح مساوية γ وعندئذ تصبح $\Delta t = \Delta t'$ بداخل الساعة. وبذلك نتغلب بفضل الله على التراخي الزمني.

ويجب أن نتذكر دائماً أن الزمن على الأرض هو الذي له معنى فيزيائي بالنسبة لأهل الأرض وهو الذي نُسميه منظور ديناميكي ونستطيع قياسه بأجهزة دقيقة في المعمل. ولقد استخدم العالم أينشتين كلمة الزمن الحقيقي Proper time والزمن المحلي Local time لأن قواعد الميكانيكا الكمية لم تكن معروفة في ذلك الوقت.

٤-١٠ تعيين سرعة الضوء c' في هيكل الإسناد s' :

بمعلومية طول جسم ساكن في هيكل الإسناد s' الذي يتحرك بسرعة v_x، في إتجاه $x\text{-}x'$ وليكن طوله L_0 بحيث يكون L_0 وهو الطول الأصلي للجسم في إتجاه الحركة أي في إتجاه $x\text{-}x'$ ، ويرصد هذا الطول المعلوم في هيكل إسناد

آخر s يتحرك بسرعة v_x في إتجاه $x\text{-}x'$ أيضاً، وليكن هذا الطول المرصود في s هو L . بتطبيق العلاقة:

$$L_0 / L = \gamma$$

نحسب γ . ومنها نحسب β^2 حيث

$$\gamma^2 = \frac{1}{1-\beta^2}$$

$$\beta^2 = 1 - 1/\gamma^2$$

$$\beta^2 = 1 - L^2/L_0^2 \qquad (121)$$

ولكن،

$$\beta = \frac{\beta_{x'} - \beta_x}{1-\beta_{x'}\beta_x}$$

$$\beta_{x'} = v_{x'}/c' \quad , \quad \beta_x = v_x/c$$

$$\beta = (cv_{x'} - c'v_x)/(cc' - v_x v_{x'})$$

وبالتالي نستنتج أن:

$$c' = (\beta v_{x'} v_x + cv_{x'})/(\beta c + v_x) \qquad (122)$$

وهذه هي العلاقة التي نستطيع تعيين سرعة c' منها بمعلومية c ، L_0 ، L ، $v_{x'}$ و v_x . فإذا وضعت $v_x = 0$ فإن $\beta = v/c$ حيث v السرعة النسبية بين s ، s′ أي أن:

$$\nu = \nu_{x'} - \nu_x$$

$$c' = \frac{\nu_x}{\beta} = \frac{\nu}{\nu}c$$

$$\therefore \quad c' = c \qquad (123)$$

وهذه هي الحالة التي تحدث عنها العالم أينشتين عندما اعتبر أحد هيكلي الإسناد s ثابت والآخر s' متحرك.

٤-١١ مناقشة معادلة إنتشار الأشعة الضوئية وعلاقتها بالمتجه الرباعي:

تكتب معادلة انتشار الأشعة الكهرومغناطيسية كالتالي:

$$x^2 + y^2 + z^2 = c^2t^2 \qquad (A)$$

ولذلك افترض العالم أينشتين أن المتجه الرباعي في الفضاء المكاني الزمني هو:

$$\Phi^2 = c^2t^2 - x^2 - y^2 - z^2$$

والفترة $\overline{\Delta s}$ تُعطى من العلاقة.

$$\overline{\Delta s} = c\overline{\Delta t} - \overline{\Delta x} - \overline{\Delta y} - \overline{\Delta z} \qquad (B)$$

وبالنسبة لشعاع الضوء فإن هذه الفترة $\overline{\Delta s}$ تساوي صفر وبذلك تُعطى سرعة الضوء لشعاع منطلق في إتجاه x فقط بالعلاقة:

$$c = \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad (C)$$

أما المتجه الرباعي Φ المُعرّف في الفضاء العربي فيكتب كالتالي:

$$\overline{\Phi} = \overline{x}_1 + \overline{x}_2 + \overline{x}_3 + \overline{x}_4$$

وفي فضاء ريمان يكتب كالتالي:

$$\overline{\Phi} = a^{-1}\,\overline{x}_1 + \overline{y} + \overline{z} + a^{-1}\,\overline{ct} \qquad \text{(D)}$$

وتُحسب السرعة c من معدل التغير الجزئي للمتجه الرباعي Φ بالنسبة للزمن:

$$c = \frac{\partial \Phi}{\partial t_{\beta'}} \qquad t_\beta = a^{-1}\, t \qquad a^{-1} = \gamma\left(1+\beta^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

١٢-٤ تأثر مركبات السرعة بالحركة النسبية:

إذا تحرك جسم في هيكل الإسناد s' بسرعة u'_x في إتجاه x' ورُصدت سرعته في s فكانت u_x ؛ فمن تفاضل معادلات (95) نحصل على مُعدل تغير المسافة x' بالنسبة للزمن t' في s' حيث:

$$\frac{dx'}{c'dt'} = \frac{dx - \beta c dt}{c dt + \beta dx}$$

$$\therefore\ u'_x = \frac{n u_x - \beta c'}{1 + (\beta\ c) u_x} \quad . \qquad n = c'/c\ ,\ u_x = \frac{dx}{dt}\ ,\ u'_x = \frac{dx'}{dt'}$$

$$u'_y = \frac{n u_y}{1 + (\beta/c) u_x}$$

$$u'_z = \frac{n u_z}{1 + (\beta/c) u_x}$$

فإذا وضعت $n=1$ تؤول هذه المعادلات إلى المعادلات المعروفة لتحويل مركبات السرعة باستخدام تحويلات لورنس النسبية وتكون β في هذه الحالة هي $\frac{\upsilon}{c}$ حيث تكون υ'_x تساوي υ و υ_x تساوي صفر.

الباب الخامس

الطاقة المُعدّلة

الباب الخامس

الطاقـــة

٥ـ١ أوجه الطاقة الستة:

مما تقدم في الباب الرابع نجد أن للطاقة صوراً أو أوجهاً ستة وهي: طاقة الحركة ـ القوة أو الشغل ـ الطاقة الكامنة ـ طاقة منبعثة ـ طاقة ممتصة والطاقة الذاتية وهي التي ترتبط بالكتلة. وتُعرّف الكتلة بأنها كمية ما تُجمع من ذرات المادة في حجم معين. ولذلك نجد أن جميع الأشياء في عالمنا المنظور سواء كانت جامدة أو سائلة أو غازية أو حتى إذا كانت في صورة معنوية مثل الإيمان والسرور والحزن والجحود والحماس والسمع والبصر والفكر والكلام كل أولئك صور من صور الطاقة. ولو تركنا العالم المرئي وبحثنا في عالم الجسيمات الدقيقة لوجدنا أيضاً هذه الصور الستة للطاقة؛ فالجسيم الدقيق مثل البروتون أو النيوترون أو الإلكترون تتحكم فيه هذه الصور الستة من الطاقة وهي الكتلة، وطاقة الحركة له والقوة المؤثرة عليه والطاقة الكامنة فيه مثل جهد التفاعل وخلافه، والطاقة المنبعثة منه والطاقة الممتصة به أو بواسطته.

وجميع الأجسام صغيرها وكبيرها ودقيقها بل وجميع موجات الطاقة بفوتوناتها وفونوناتها تتحرك وسط موجات الجاذبية الأرضية إن كانت على هذا الكوكب الأرض. فهذه الموجات تتخلل جميع ذرات الأجسام والمواد على اختلاف أشكالها وتتفاعل معها بل تتفاعل مع كمات الطاقة أيضاً جاذبة إياها في اتجاه مركز الأرض. أي أن القوة الناشئة على الأجسام الكبيرة ماهي إلا نتيجة تجميع القوى المختلفة للمكونات الدقيقة لهذه الأجسام. وأن القوة الناشئة من الكتل

المختلفة ماهي إلاّ تجميع لتفاعل القوى المختلفة مع مكونات هذه الكتل ومع الطاقة بداخل المكونات.

والسؤال هو هل القوانين الفيزيائية التي تحكم الطاقة في النظم القصورية المختلفة تتأثر بحركة هذه النظم سواء كانت حركة منتظمة أو متغيرة بعجلة ثابتة أو متغيرة بعجلة متغيرة. وعندما نتحدث عن العجلة تبرز لنا مشكلة الزمن وكيفية تعيين الفترة الزمنية وتأثرها بحركة النظم القصورية.

ونذكر هنا فكرة العالم أينشتين لقياس الزمن بالنسبة لنظام قصوري s' يتحرك بسرعة غير منتظمة فتخيل سلسلة من النظم القصورية s يتحرك أعضاؤها بسرعات لحظية مساوية للسرعات اللحظية التي يسير بها النظام القصوري s' تحت البحث والمتحرك بسرعة غير منتظمة وبعجلة غير ثابتة. ففي لحظة ما تكون السرعة النسبية بين النظام القصوري s' والنظام القصوري s مساوية للصفر ويصبح $\Delta t = \Delta t'$ وبالنظر إلى المعادلة (119) نجد أنه بالتحويلات النسبية العربية نحصل على هذه الحالة بوضع $n = \gamma$ في معادلة (119) وبذلك تكون $\Delta t = \Delta t'$ أي أن سلسلة النظم القصورية المقترحة بواسطة أينشتين ماهي إلاّ سلسلة التغيرات في النسبية الضوئية n في الساعة النسبية المذكورة في النظرية النسبية العربية. ولتوضيح ذلك نفرض أننا ابتدأنا من الحالة $c = c'$ وتكون بذلك $n = 1$ في المعادلة (119) ثم نحسب قيمة γ من المعادلة:

$$\gamma^2 = 1 / (1 - \beta^2)$$

$$\beta = (\beta_{x'} - \beta_x) / (1 - \beta_{x'}\beta_x) \text{ ،}$$

$$\overline{\Phi} = \overline{x}_1 + \overline{x}_2 + \overline{x}_3 + \overline{x}_4$$

$$\beta_{x'} = {}^{\upsilon_{x'}}/_{c'} \quad , \quad \beta_x = {}^{\upsilon_x}/_{c}$$

$$n = {}^{c'}/_{c}$$

وبوضع $n = 1$ فإن $c = c'$.

ندع شعاع ضوئي وحيد الموجة يخترق وسطاً كثيفاً يمكن تغيير كثافته الضوئية بحيث تتغير سرعة الضوء إلى c'' وتتغير طـول الموجة والتردد للشعاع بحيث يكون $c'' = \upsilon''\lambda''$ ونحسب النسبة $^{c}/_{c''}$ ونستمر في تغيير الكثافة الضوئية حتى تصير النسبة $^{c}/_{c''}$ مساوية للثابت γ المُعطى بالعلاقة (122) وعندئذٍ تصير النسبة $\frac{\gamma}{n}$ مساوية للوحدة.

وتصير $\Delta t = \Delta t'$ في العلاقة (119)، وهذه الحالة مكافئة لحالة تساوي السرعة النسبية v بالصفر عندما يكون $\upsilon_{x'} = \upsilon_x$ فتكون السرعة النسبية بين هيكلي الإسناد في النظامين القصوريين مساوية للصفر وبذلك تكون $\gamma = 1$ في علاقة أينشتين $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ حيث $\beta = {}^{v}/_{c}$. ولكن في حالتنا هذه تحت البحث تكون النسبة $\frac{\gamma}{n}$ هي التي تتساوى بالوحدة.

٢ـ٥ حساب الفترة الزمنية من تردد الضوء وحيد الموجة :

عند ضبط الساعة الضوئية بحيث يصير تردد الضوء يُعطى من العلاقة:

$$\upsilon'' = {}^{c''}/_{\lambda''}$$

وتكون النسبة $\frac{\gamma}{n} = 1$ فبقياسٍ تردد الضوء υ'' نحسب الفترة الزمنية متخذين تردد الضوء υ'' وحدة للقياس. وتكون الفترة الزمنية المقاسة هي نفسها الفترة الزمنية للجسم المتحرك بسرعة $\upsilon_{x'}$ وبسرعة نسبية υ بالنسبة للراصد الذي

يتحرك بسرعة υ_x في اتجاه $x\text{-}x'$. أما إذا بدأنا من الوضع $n \neq 1$ حيث $n = c'/c$ فإننا نفعل تماماً مثل مافعلنا سابقاً بجعل النسبة n مساوية للثابت γ المعطى بالعلاقة (122) وذلك بتغيير الوسط الضوئي الكثيف فتتغير c إلى c'' وتكون النسبة $n = c'/c = \gamma$ وذلك داخل الساعة الضوئية فقط التي يمكن إعتبارها نظاماً قصورياً s ينطلق بسرعة υ_x في اتجاه xx' .

٥-٣ حساب الفترة الزمنية في حالة تغير السرعة النسبية υ بين هيكلي الإسناد s' ، s :

إذا كان s' ينطلق بسرعة كبيرة ومتغيرة في اتجاه xx' وإذا وجدت ساعة ضوئية ثابتة في هيكل إسناد s ينطلق بسرعة مافي اتجاه xx' أيضاً حيث أن السرعة اللحظية النسبية بين s ، s هي $\upsilon = \upsilon_x = \upsilon_{x'}$ ؛ فإنه لقياس الفترة الزمنية نغير الكثافة الضوئية للوسط الضوئي بالساعة الضوئية حتى نحصل على قيمة لحظية للثابت $n = \gamma$ ونحسب التردد اللحظي للشعاع الضوني وحيد الموجة. وممكن الإستمرار في هذه العملية حتى يمكن رسم منحنى يوضح العلاقة بين $\upsilon_{x'}$ و $\Delta t'$ وهذه العملية مكافئة لما أشار إليه أينشتين في هذا الصدد من استخدام سلسلة أو مجموعة من الساعات تنطلق بسرعات مختلفة بحيث تتوافق سرعة كل ساعةمنهن مع احدى قيم السرعات اللحظية للنظام s' الذي ينطلق بسرعة متغيرة. ونلاحظ أن اتخاذ سرعة الضوء أساساً لقياس السرعات ليس معناه أن هذه هي الطريقة الوحيدة لإستنتاج معادلات لورنس أو المعادلات النسبية العربية فلقد يتبادر للذهن السؤال لمادا لم تتخذ سرعة الصوت K أساسا لقياس السرعات؟ والواقع أن سرعة الصوت تجعل محيط صحة النظرية محدود وممكن استخدام $mK_\circ$ بدلاً من $K_\circ$ حيث m عدد ثابت أكبر من الوحدة يختار مناسبا للموضوع تحت البحث حيث $K_\circ$ سرعة الصوت عند الصفر المئوي. ولقد بحث هذه النقطة

العالم الهندي *Kar واستنتج معادلات لورنس النسبية في صورة جديدة باستخدام سرعة الصوت.

٤،٥ طاقة الجاذبية:

طاقة الجاذبية من الطاقات الأصلية في الكون التي عاصرت الإنسان منذ بدء الخليقة ولكنها حتى الآن مازالت تحتفظ بكثير من أسرارها.
ولقد اكتشف نيوتن وجودها فأخرج قوانين الحركة ومعادلات نيوتن الشهيرة للأجسام الساقطة في نطاق الجاذبية والمتحركة بحريّة. وكانت العلاقة الشهيرة:

$$\ddot{r} = -g$$

ومن تكامل هذه المعادلة مرتان نحصل على:

$$r = vt - \frac{1}{2}gt^2$$

حيث g عجلة الجاذبية الأرضية وv سرعة الجسم وt الزمن.

ولقد اعتبرنا هنا أن مجال الجاذبية داخل هيكل إسناد مثبت فوق سطح الأرض. ولكن لو اعتبرنا مجال الجاذبية داخل هيكل إسناد ساقطاً سقوطاً حراً في الفضاء فإنه في هذه الحالة إما أن نعتبر وجود مجال الجاذبية الذي ينتج عنه عجلة الجاذبية داخل هذا الإطار المتحرك وفي هذه الحالة من الصعب تعريف حالة السكون وحالة الحركة داخل الإطار سالف الذكر إذ يبدو أي جسم ساقط فيه وكأنه ساكنٌ وذلك لتساوي عجلة السقوط للجسم وللإطار معاً. ولذلك اصطلح على حساب عجلة السقوط للإطار ثم نستنتج منها مجال الجاذبية. ولقد لاحظ نيوتن وبعده اينشتين أن عجلة السقوط في مجال الجاذبية المنتظم ثابتة لجميع

الأجسام والمواد. ولقد عبَّر اينشتين عن ذلك بجملة تقليدية حيث قال: (إن الطبيعة قد حبتنا بتعامل متساوٍ مع جميع الأجسام ولكن هذا التعامل المتساوي لا نستطيع تفسيره بالتركيب الفيزيائي للأجسام.)، وتبعاً لتفسير اينشتين لحالة إطار ساقط سقوطاً حراً فإن دراسة مجال الجاذبية داخل إطار مثبت فوق الأرض تكافئ دراسة حركة اطار ساقط سقوطاً حراً في الجاذبية.

ونحن نقول هنا أن الله الذي خلق الجاذبية الأرضية قدّر لها أن تجذب جميع الأجسام إلى مكوناتها ولما تماسكت السبائك مثلاً ولما وُجِدت الأملاح بشكلها الحالي وهكذا لأن الذي خلق الجاذبية هو العليم الحكيم. وعندما ظهرت النظرية النسبية سنة ١٩٠٥م ثم تلتها نظرية النسبية العامة سنة ١٩١٥م لم تكن الفيزياء النووية معروفة تماماً في ذلك الوقت فلو عُلِمَ التركيب الدقيق للأجسام لكان في الإمكان معرفة وتفسير ظاهرة سقوط جميع الأجسام بعجلة واحدة مهما اختلفت حجومها ومادتها. ولقد كان لظهور نظرية الكم سنة ١٩٢٥م وبعد ذلك ظهور نظريات الجاذبية الكميّة Quantum Gravity سنة ١٩٦٥م أثراً كبيراً في تفهّم الجاذبية الأرضية. ولقد ظهرت محاولات كثيرة تهدف إلى إيجاد صيغة كمية لمجال الجاذبية[1] حيث وجد أن طاقة الجاذبية ممكن التعبير عنها بالمعادلة[1] :

$$E_{grav} = \sqrt{\frac{hG}{2C'}\left(\frac{C'}{G}\right)} = 10^{28} \text{ ev}$$

حيث

$$E_{grav} \cong \frac{hc}{\lambda} = mc^{2}$$

وهو طول موجة كومتون

$$\lambda = r_s = {}^{2mG}/_{c^{2}}$$

مجال الجاذبية

$$G = \text{Gravitation field}$$

---

(1) B S. Dewitt, P R. 160, p(1113), (1967).

سرعة الضوء	C = Velocity of light
كتلة الجسم	m = mass of the body
نصف قطر شفارتشيلد	r_s = Schwarzschild radius

أي أن تفاعل الجاذبية بين كتلتين متساويتين m لن يكون محسوساً إلاّ إذا كانت طول موجة كومتون للجسم مساوية لنصف قطر شفارتشيلد وهو r_s . وفي الواقع يبدو لي أن معالجة قوانين الجاذبية في إطار نظرية الكم أقرب للصواب كما أنه ممكن اقتراح تجارب معملية لدراسة النتائج المترتبة على نظرية الجاذبية الكمية. وفيما يلي سنقوم بشرح نظرية الجاذبية الكمية بشى من التفصيل إن شاء الله.

٥-٥ الصورة الكمية لقوى الجاذبية:

حيث أن النظرية النسبية العامة قد خرجت إلى النور قبل أن يعرف العالم شيئا عن علم الميكانيكا الكمية وحيث أن الفيزياء النووية قد عرفت في العالم بعد انقضاء نصف قرن من ظهور النظرية النسبية العامة فإنه يبدو لي من الضروري إعادة صياغة قوانين الجاذبية في إطار كمّي يتلائم مع نتائج العلوم المكتشفة حديثا.

٦-٥ تصور عن منشأ قوة الجاذبية الأرضية:

تدور الأرض حول محورها حاملة معها المواد المغنطيسية في داخلها وعلى سطحها ويعلوها سبعة طبقات من الغلاف الجوي وهي:

١. طبقة التروبوسفير
٢. طبقة التروبوبوز
٣. طبقة الستراتوسفير
٤. طبقة الستراتوبور

٥. طبقة الميزوسفير ٦. طبقة الميزوبور

٧. طبقة الأيونوسفير

وينشأ عن حركة الأرض تغير في خطوط الفيض المغنطيسي التي تتقاطع مع المجال الكهربائي لطبقات الجو العليا وهو الأيونوسفير وينشأ عن ذلك مجال كهرومغناطيسي يُغلف الأرض ويتفاعل مع المجال المغنطيسي لجميع الذرات ومكوناتها التي تقع على الأرض وبداخل الأرض وفي الغلاف الأرضي وهو ما نُسميه بمجال الجاذبية الأرضية. هذا المجال يعتبر مجالاً كهرومغنطيسياً ينشأ عنه موجات كهرومغناطيسية لها نفس خصائص الموجات الكهرومغنطيسية التي هي عبارة عن كمات للطاقة ترددها v وطاقة الكمَّة الواحدة $hv = \frac{hc}{\lambda}$ ، حيث h ثابت بلانك و c سرعة الضوء و λ طول الموجة الكهرومغنطيسية للجاذبية الأرضية. ومجال الجاذبية الأرضية مجال إتجاهي يتجه دائماً إلى قلب الكرة الأرضية إذا أعتبرنا نقطة ما N في الفضاء المحيط بالكرة الأرضية فإن هذه النقطة تتأثر بثلاثة مجالات متعامدة وهي:

المجال المغناطيسي للأرض $\bar{H}$ وهو المماس لجبة الموجة الكرية المغنطيسية والتي تقع النقطة N عليها وهو يتجه من الجنوب إلى الشمال الأرضي، ومتجه التمايل الكهربي $\bar{E}$ والذي يُمثل تمايل الكثافة الكهربائية في الغلاف الجوي المحيط بالكرة الأرضية وهي تتزايد كلما بعدنا عن سطح الأرض ولذلك فإن المتجه $\bar{E}$ هو متجه عمودي على المتجه H ويتجه إلى خارج الأرض. والمتجه الناتج من تفاعل هذين المجالين عبارة عن متجه للطاقة عمودي على مستوى كل من المتجه $\bar{H}$ والمتجه E وهو مايُسمى Poynting vector وهذا المتجه هو عبارة عن متجه كثافة طاقة الجاذبية الأرضية $\bar{G}$ وهو المتجه الذي يحمل طاقة كمَّة الجرافيتون. ويُمكن تعريفه على أنه حاصل الضرب الإتجاهي للمجال

المغناطيسي للأرض والمجال الكهربي للغلاف الجوي المحيط بالأرض. وعلى الرغم من أن المجال الكهربي يزداد كلما بعدنا عن سطح الأرض إلاّ أن المجال المغنطيسي يقل بسرعة كلما بعدنا عن سطح الأرض. وبذلك فإن مقدار المتجه $\overline{G}$ يقل كلما بعدنا عن سطح الأرض. ولأن الأرض تدور بسرعة زاوية ω فلسوف نعتبر المجال المغناطيسي والكهربي مجالين يعتمدين على السرعة الزاوية والزمن وهو يأخذ شكل الدالة الجيبية Sinusoidal . ولذلك سوف نعبِّر عن الجاذبية بالمعادلات التالية:[2]

$$\overline{G}(R,t) = \overline{E}(\overline{R},t) \times H(\overline{R},t)$$

$$\overline{E}(R.t) = \mathrm{Re}\left[\hat{E}(\overline{R})\ \exp(i\omega t)\right]$$

وتدل العلامة ^ على أن السعة $\hat{E}(R)$ مقدار مركب وتتغير تبعاً للمتغير $\overline{R}$.

وكذلك،

$$\overline{H}(\overline{R}.t) = \mathrm{Re}\left[\hat{H}(\overline{R})\ \exp(i\omega t)\right]$$

والمتوسط الزمني لطاقة الجاذبية:

$$\langle\overline{G}(R)\rangle = \tfrac{1}{2}\,\mathrm{Re}\left[\hat{E}(\overline{R})\ \times\ \hat{H}(\overline{R})\right]$$

وممكن كتابة معادلات ماكسويل مع اعتبار التغير الجيبي[2] الزمني كالتالي:

---

(2) Markus Zahn, Electromagnetic Field Theory (1979), p. 495

$$\overline{\nabla} \times \hat{E}(\overline{R}) = -i\omega\mu\hat{H}(R) \qquad (a)$$

$$\overline{\nabla} \times \overline{H}(\overline{R}) = \hat{J}(\overline{R}) + i\omega\varepsilon\hat{E}(R) \qquad (b)$$

$$\overline{\nabla} \cdot \hat{E}(\overline{R}) = \hat{\rho}(R) / E \qquad (c)$$

$$\overline{\nabla} \cdot \hat{B}(\overline{R}) = 0 \qquad (d)$$

حيث ^ تدل على سعة مُركَّبة تتغير تبعاً للبُعد $\overline{R}$.

وكذلك،

$$\hat{J}(R) = |\psi\psi^*| / 4\pi R^2$$

حيث $\hat{J}(R)$ متجه كثافة فوتونات الجاذبية. وψ هي الدالة الموجية لِكَمَّةِ طاقة الجاذبية وهي ما تُسمى بالجرافيتون Graviton . وكذلك $\overline{R}$ متجه يُبين موقع النقطة N في مجال الجاذبية الأرضية، و μ الشفافية Permiability لمادة الغلاف الجوي في تلك النقطة وε السماحية Permitivty و $\hat{\rho}(R)$ كثافة طاقة الجاذبية عند النقطة N وهي تتناسب مع $|\psi\psi^*|$.

والآن نفرض وجود جسيم صغير كتلته m_o عند نقطة N في الفضاء المتأثر بالجاذبية الأرضية ويحدد موقع الجسم المتجه $P(\overline{R})$ وأن هذا الجسم له مجال مغناطيسي داخلي $\overline{M}_i$. نجد أن هذا المجال المغناطيسي الداخلي بالجسيم m_o يتأثر بمجال الجاذبية الكهرومغناطيسي $G(\overline{R})$ وينشأ عن ذلك قوة $\overline{F}_i$ تؤثر على الجسيم بحيث تُعطى من المعادلة التالية:

$$\overline{F}_i = \overline{G}(\overline{R}) \times \overline{M}_i \qquad (e)$$

حيث $\overline{G}(R)$ هو المتوسط الزمني لمتجه الجاذبية عند النقطة N ولسوف نبيّن فيما يلي أن هذه القوة ينشأ عنها عجلة في إتجاه مركز الأرض.

٥-٧ إستنتاج المعادلة الكمية لطاقة الجاذبية:

إذا تحرك جسيم كتلته m بسرعة v فإن العلاقة بين طاقة الجسيم وكمية الحركة له تُعطى من العلاقة التالية:

$$p = m\upsilon = \upsilon E / c^2$$

حيث،

$$E / c^2 = m$$

كذلك الطاقة الكلية

$$E = mc^2 = h\nu$$

حيث ν تردد الموجة المصاحبة لحركة الجسيم الدقيق

$$m = h\nu / c^2$$

$$\nu = c / \lambda$$

$$m = \frac{h}{c^2} \frac{c}{\lambda}$$

$$m = h / c\lambda$$

$$\lambda = h / mc$$

وهذه طول موجة كومتون. وحيث E هي الطاقة الكلية المكافئة لكتلة الجسيم m .
وممكن وضع طول موجة كومتون بالصورة التالية:

$$\lambda = \beta \frac{h}{m\upsilon} = \beta \frac{h}{P}$$

حيث، $\beta = \upsilon/c$

والكمية $\frac{h}{p}$ تُسمى طول موجة دي بروجلي. فاذا كانت $\bar{\lambda} = \frac{h}{2\pi}$ نحصل على:

$$\bar{\lambda} = \beta \frac{\hbar}{p}$$

وحسب النظرية النسبية فإن الطاقة الكلية لجسيم كتلته وهو ساكن m تعطى من العلاقة التالية:

$$E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$$

حيث p= mυ حيث $E = mc^2$ تسمى الكتلة المتحركة للجسيم الدقيق.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$\beta = \upsilon/c$$

وهذه العلاقات اكتشفها أينشتين سنة ١٩٠٥م حيث اكتشف الخاصية الجسيمية للفوتونات وأسس النظرية النسبية الخاصة. وتُسمى m_0 بالكتلة الساكنة. ولقد أصبح معروفاً الآن أن المادة مكونة من جسيمات صغيرة جداً تُسمى الذرات وأن الذرة على الرغم من دقة حجمها إلا أنها مُركَّبة من جسيمات أكثر دقة وأكثر

تعقيداً وهي النويات والإلكترونات السالبة الشحنة. والنويات نوعان احدهما مشحون بشحنة موجبة وتُسمى البروتونات والنوع الثاني متعادل الشحنة ويُسمى بالنيوترونات. ولذلك عندما نتحدث عن قوة الجاذبية وتأثيرها على الأجسام فإننا نتحدث بمعنى أدق عن تأثير الجاذبية على مكوِنات هذه الأجسام ألا وهي الذرات وعلى الأخص على النويات داخل الذرات. ومن هذا المنطلق سوف نبحث تأثير الجاذبية الأرضية ونحسب عجلة الجاذبية إن شاء الله. وبمعلومية وزن الإلكترون نجد أنه يساوي $\frac{1}{1800}$ من وزن البروتون ولذلك سوف نهمل تأثير الجاذبية على الإلكترونات ونحسب عجلة الجاذبية من تأثير قوة الجاذبية على البروتونات أو على النويات فقط على فرض تساوي كتلة البروتون مع كتلة النيوترون. وبأخذ هذه الإعتبارات كلها نفرض وجود جسيم دقيق وهو نوية i مرتبطة بنظام ذري معين يقع في نقطة N على ارتفاع ما من سطح الأرض. وباستخدام المحاور الجسيمية particle coordinates نجد أن معادلة شرودينجر التي تُعطي الطاقة الكلية للنظام الذري تحت البحث هي بالصورة التالية:

$$\sum_{i=1}^{A} -\frac{\hbar^2}{2m_i}\nabla_i^2\,\psi(\overline{\rho}_1,\,\dots,\,\overline{\rho}_A) + \left[\sum_{\substack{i=1\\ j>i}}^{A} v_{ij}(\overline{\rho}_i - \overline{\rho}_j) + \sum_{i=1}^{A} v_i(\overline{\rho}_i)\right.$$

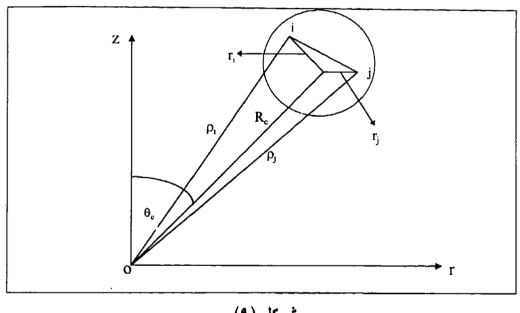
$$\left. + \sum_{i=1}^{A} v_i^G(\overline{\rho}_i)\right]\psi(\overline{\rho}_1,\,\dots,\,\overline{\rho}_A) = (B + E_0)\,\psi(\overline{\rho}_1,\,\dots,\,\overline{\rho}_A) \qquad (124)$$

حيث A هو عدد الكتلة، $\overline{\rho}_i$ متجه الموضع بالنسبة للجسيم i داخل النظام الذري، m_i كتلة الجسيم i ، v_{ij} التفاعل النووي بين الجسيمات النووية، v_i تفاعل الجسيم i

في المجال النووي، V_i^G تفـاعل الجسيم i فـي مجـال الجاذبيـة G و B هـي طـاقـة الربط التي تربط الجسيمات داخل النواة بالذرة أما E_0 فهي تتكون من قسمين

$$E_0 = E_G + E_c$$

أما E_c فهي طاقة الحركة لمركـز الثقل و E_G طاقـة الجاذبيـة الناتجـة عـن تفـاعل الجسيمات التي عددها A مع مجال الجاذبية G . وممكن تفنيد هـذه المعادلـة إلـى معادلتين وذلك بإتخاذ تحويلات المحاور التالية:



شـكل (٩)

$$\bar{\rho}_i = \bar{r}_i + \bar{R}_c \qquad \therefore\ \bar{r}_i = \bar{\rho}_i - \bar{R}_c$$

$$\bar{R}_c = \frac{\sum_{i=1}^{A} m_i\, \bar{\rho}_i}{\sum_{i=1}^{A} m_i} \qquad \therefore\ \bar{r}_i = \bar{\rho}_i - \frac{\sum_{i=1}^{A} m_i\, \bar{\rho}_i}{M} \qquad (125)$$

كذلك نضع جهد التفاعل للجاذبية $V_i^G(\overline{\rho}_i)$ في الصورة التالية:

$$V_i^G(\overline{r}_i + \overline{R}_c) = \Lambda_i^G(\overline{r}_0)\, W_i^G(\overline{R}_c) \qquad (126)$$

$$\overline{r}_i = \overline{r}_0$$

وجهد التفاعل $V_i(\overline{\rho}_i)$ ممكن أيضاً كتابته بالشكل التالي:

$$V_i(\overline{\rho}_i) = V_i(\overline{r}_i + \overline{R}_c) = \Lambda_i(\overline{r}_i)\, W_i^G(\overline{R}_c) \qquad (127)$$

$$\overline{R}_c = \overline{R}_0$$

وحيث أن التفاعل بين الجسيمات داخل النواة بالذرة لا يتعدى تأثيره إلى خارج النواة فإنه بالنسبة للتفاعل الحادث بين النواة ومجال الجاذبية يبدو هذا التفاعل وكأنه مقدار ثابت ولذلك وضعناه بالشكل $\Lambda_i^G(\overline{r}_0)$ في المعادلة (126). أما التفاعل الداخلي بين النويات داخل نواة الذرة فإن تأثير مجال الجاذبية بالنسبة للتفاعل بين النويات يبدو أيضاً مقدار ثابت ولذلك وضعناه بالشكل $W_i^G(\overline{R}_0)$ في المعادلة (127). وبوضع الدالة الموجية في الصورة التالية:

$$\Psi(\overline{\rho}_1, \ldots\ldots \overline{\rho}_A) = U(\overline{r}_1, \ldots\ldots \overline{r}_A)\, \phi(\overline{R}_c) \qquad (128)$$

وباستخدام المحاور الجديدة من المعادلات (125) نحصل على المعادلتين التاليتين:

$$\sum_{i=1}^{A} -\frac{\hbar^2}{2m_i}\left(1-\frac{m_i}{M}\right)^2 \nabla_{\bar{r}_i}^2 U(\bar{r}_1, \ldots, \bar{r}_A) + \left[\sum_{\substack{i=1\\ j>i}}^{A} v(\bar{r}_i - \bar{r}_j)\right.$$

$$\left. + \sum_{i=1}^{A} w_i^G(R_0)\Lambda_i(\bar{r}_i)\right] U(\bar{r}_1, \ldots, \bar{r}_A) = B\, U(\bar{r}_1, \ldots\ldots, \bar{r}_A) \qquad (129)$$

حيث B طاقة التفاعل الداخلي بين نويات الجسم النووي وهي طاقة الربط له.

$$-\frac{\hbar^2}{2M} \nabla_{R_c}^2 \phi(R_c) + \left[\sum_{i=1}^{A} \Lambda_i^G(\bar{r}_0)\, W_i^G(\overline{R}_c)\right] \phi(\overline{R}_c) = E_0 \phi(\overline{R}_c) \qquad (130)$$

ولسوف نُركِّز اهتمامنا الآن على المعادلة (130) لحساب عجلة الجاذبية الأرضية g .

إيجاد عجلة الجاذبية g :

باعتبار أن مجال الجاذبية متماثل كي نستطيع كتابة المعادلة (130) بالشكل التالي:

$$-\frac{\hbar^2}{2M}\left[\frac{d^2}{dR_c^2} + \frac{2}{R_c}\frac{d}{dR_c}\right]\phi(R_c) + \left[\sum_{i=1}^{A} \Lambda_i^G(r_0)\, W_i^G(R_c)\right]\phi(R_c) = E_0\phi(R_c) \qquad (131)$$

حيث،
$$E_0 = E_G + E_c$$

سوف نستخدم المسافة R'_c الخالية من الأبعاد حيث

$$R'_c = \alpha R_c$$

فإن كان R_c في حدود 10^{12} ميكرون فإن α تكون في حدود 10^{12} (ميكرون)$^{-1}$.
حيث الميكرون 10^{-6} cm وبذلك يكون αR_c رقم صغير ممكن التعامل به مع معادلة شرودينجر.

ونشير هنا إلى أن معادلة شرودينجر تتعامل مع الأبعاد الصغيرة جداً في حدود 10^{-13} cm ولكن ثوابت الدوال الموجية تكون في حدود 10^{13} cm^{-1} . فهنا نتبع نفس النظام ولكنه بطريقة عكسية.

وبهذه الطريقة ممكن كتابة معادلة شرودينجر (131) بالشكل التالي:

$$-\frac{\hbar^2\alpha^2}{2M}\left[\frac{d^2}{dR_c'^2}+\frac{2}{R'_c}\frac{d}{dR'_c}\right]\phi(R'_c)+\left[\sum_{i=1}^{A}\Lambda_i^G(r_0)\,W_i^G(R'_c)\right]\phi(R'_c)=E_0\phi(R'_c$$

(132)

$$-\left[\frac{d^2}{dR_c'^2}+\frac{2}{R'_c}\frac{d}{dR'_c}\right]\phi(R'_c)+\frac{2M}{\hbar^2\alpha^2}\left[\sum_{i=1}^{A}\Lambda_i^G(r_0)\,W_i^G(R'_c)\right]\phi(R'_c)=\frac{2M}{\hbar^2\alpha^2}E_($$

(133)

حيث $\alpha^2 = \frac{2ME_G}{\hbar^2}$

ممكن كتابة قوة الجاذبية بدلالة مجال التفاعل $W_i^G(R'_c)$ كالتالي:

$$\bar{F}_i(R'_c) = -\nabla W_i^G(R'_c) \qquad (134)$$

$$\bar{F}_i(R'_c) = \bar{G} \times \bar{M}_i = -\nabla W_i^G(R'_c) \qquad (135)$$

وذلك من معادلة (ع) في بند (٥-٦). وبما أن الكثافة النووية ثابتة لجميع الأنوية فإن الكتلة النووية في وحدة الحجوم النووية ثابتة لجميع الأنوية. ولسوف نعتبر M_i هو المجال المغناطيسي المتفاعل مع $\bar{G}$ للكتلة النووية في وحدة الحجوم النووية. ولذلك نجد ان قوة الجذب في مجال الجاذبية الأرضية متساوية لجميع المواد وكذلك هذه القوة فى عكس تزايد المسافة R'_c أي أنها دائماً في اتجاه مركز الأرض. ويجدر بالذكر هنا أن قوة الجاذبية الكلاسيكية بين m_i وهي الكتلة النوويه فى وحدة الحجوم النووية وكتلة الأرض M_0 هي

$$F_i = \frac{G_0 m_i M_0}{R^2}$$

حيث G_0 ثابت الجاذبية الأرضية وR بُعد m_i عن مركز الأرض.

حيث

$M_0 = 6\times10^{24}$ Kg كتلة الأرض

$G_0 = 6.7\times10^{-11}$ m^2 / Kg^2

$R_0 = 6.4\times10^{9}$ m نصف قطر الأرض

ويظهر من هذه المعادله أن قوة الجاذبية متساوية لجميع المواد حيث أن m_i ثابتة لجميع المواد. وحسب قانون نيوتن فإن

$$F_i = m_i g_i \qquad (136)$$

حيث g_1 عجلة الجاذبية المؤثرة علــى الكتلـة النوويـة فـي وحدة الحجـوم النوويـة. ولسوف نسمي الكتلة النووية في وحدة الحجوم النووية بالنوية الماصّة أو اللاقطـة حيث أنها تتفاعل مع مجال الجاذبية وتمتص خطوط القوة التجاذبية.

$$g_1 = F_1 / m_1 \qquad (137)$$

وإذا وجدت كتلة M من المادة فإن القوة المؤثرة عليها هي:

$$F = Mg_0 \qquad (138)$$

حيث g_0 عجلة الجاذبية الأرضية. وإذا كانت $M = 1$

$$\therefore F = g_0 \qquad (139)$$

ونعلم أن الجرام جزيء M_A يحتوي على عدد أفوجادرو من الذرات أي يحتــوي على 6.25×10^{23} atom وكل ذرة تحتوي على n نوية ماصّة فإن

$$g_0 = \frac{n(6.25 \times 10^{23})}{M_A} g_1$$

$$g_1 = \frac{M_A}{n} \cdot \frac{10^{-23}}{6.25} g_0 \qquad (140)$$

وإذا وضعنا $\frac{M_A}{n} = 1$ في حالة غاز الايدروجين فإن

$$g_1 = N^{-1} g_0 \qquad (141)$$

$$g_1 = (0.16 \times 10^{-23})g_0 \ \text{dyne} \qquad (142)$$

وهذه هي العلاقة بين عجلة الجاذبيـة المُقاسـة فـي المعمـل g_0 وعجلـة الجاذبيـة g_1 المحسوبة بواسطة حل معادلة شرودينجِر (133). وإذا أطلقنا اسم الوحدة داينيـت على المقدار $\text{dyne} \times 0.16 \times 10^{-23}$ فإن:

$$g_1 = g_0 \ \text{Dynette} \qquad (143)$$

وبذلك نستطيع القول أن g_0 منظور ديناميكي ممكن تعيينه من معادلة شـرودينجر. ومن فضل الله سبحانه وتعالى استطعت تفسير ذلك التعامل المتساوي للجاذبيـة الأرضية مع جميع المواد بالتركيب الفيزيائي الدقيق لهذه المواد. فإن كنت أصبت فذلك توفيق من الله العليم الخبير الـذي يُعلِّم الإنسان مالم يكن يعلم وان كنت أخطأت فذلك تقصير من نفسى وفوق كل ذي علم عليم.

٥-٨ حل معادلة شرودينجر للجاذبية:

لكي نصل إلى حل لمعادلة شرودبنجر المعطاة بالمعادلة (133) سوف نفترض شكل خاص بمجال الجاذبية وهو كالتالي:

$$W_1^G(R_c') = -\kappa_0(1 - D_L/R_c')\, e^{-R'} \qquad (144)$$

حيث D_L ثابت و κ_0 ثابت وهما عديما الأبعاد. ويُسمى D_L بنصف قطر التنافر حيث يُصبح مجال الجاذبية عنده مجالاً تنافريا. وهذا معناه أنه إذا نزلنا إلى باطن الأرض فإن مجال الجاذبية يشتد تجاذبا ثم يأخذ فى الاضمحلال حتى يصل إلى المنطقة التى يتساوى فيها D_L مع R_c' فيصبح التجاذب صفرا ثم يصير مجالاً

تنافرياً يرد الأجسام بعيدا عن المنطقة التي نصف قطرها D_L . وهذه **الخاصية** التنافرية لمجال الجاذبية الأرضية قريباً من مركز الأرض **هي التي تمنع** امتصاص جميع جزيئات القشرة الأرضية **لتغوص إلى مركز الكرة الأرضية** ويحدث انهيار كامل للأرض والعياذ بالله.

ولذلك $D_L > 0$. أما κ_0 **فهو ثابت شدة الجذب** ويتناسب **مع كل من** G_0 **وهو ثابت** الجاذبية الأرصية و M_0 **وهي كتلة الأرض.**

كما أن مجال الجاذبية يتلاشى في منطقة أخرى **بعيدة عن مركز الأرض وهي** منطقة تقع على ارتفاع

$$R'_c = L_f$$

حيث يسمى L_F نصف قطر الافلات، وعنده تنفلت جميع الأجسام من مجال الجاذبية وتصبح المعادلة (133) كالتالى:

$$-\left[\frac{d^2}{dR_c'^2} + \frac{2}{R'_c}\frac{d}{dR'_c}\right]\phi(R'_c) = L_c\phi(R'_c) \qquad (145)$$

وتكون $E_c = \frac{1}{2}Mv_c^2$ وهي طاقة الحركة لمركز الثقل.

أما $E_G = g_1 M R'_c$

فعندما تكون $R'_c < L_F$ فإن المعادلة (133) تكتب كالتالى:

$$-\left[\frac{d^2}{dR_c'^2}+\frac{2}{R_c'}\frac{d}{dR_c'}\right]\phi(R_c')-\left[\kappa_0\left(1-\frac{D_L}{R_c'}\right)e^{-R_c'}-g_i M R_c'\right]\phi(R_c')$$

$$=\left[E_c-\Lambda^G(r_0)\right]\phi(R_c') \qquad (146)$$

وهذه المعادلة ممكن حلها عددياً، حيث الثابت $\Lambda^G(r_0)$ يساوي $\sum_{i=1}^{A}\Lambda^G(r_0)$

وهو كمية صغيرة و M هي الكتلة النووية وبالتالي ممكن تعيين g_i .

الباب السادس

طاقة الجاذبية وعلاقتها بالميكانيكا الكمية النسبية

الباب السادس

الطاقة الجاذبية وعلاقتها بالميكانيكا الكمية النسبية

٦-١ مقدمة:

أصبحت الجاذبية الكمية موضوع الساعة في هذه الأيام وظهرت محاولات شتى لتكميم طاقة الجاذبية الأرضية، وكانت معظم الأبحاث التي ظهرت في أوائل الثمانينات تبدأ باستخدام النظرية النسبية العامة وبعد ذلك تحاول وضع النتائج المُتحصَّل عليها في قالب كمي، وكما قلنا آنفاً يوجد تعارض جذري بين مبادئ الميكانيكا الكمية ومبادئ النسبية .وخصوصاً النظرية النسبية العامة التي تجعل العلاقات الهندسية بين الأجسام الكبيرة جداً والفضائية هي الأساس في إستنتاج القوى، فمعالجة موضوع الجاذبية الأرضية من هذا المنطلق يجعل من الصعب وضعها في القالب الكمي وكأنك تريد أن تدخل عملاقاً في قمقم.

ولذلك قد يكون أقرب إلى الصواب دراسة النسيج المُكوِّن للأجسام الكبيرة والفضائية. فنجد أن هذا النسيج مكونا من تراكيب عبارة عن تراكمات هائلة من ذرات صغيرة للغاية لا ترى بالعين المجردة، ولقد أصبح معروفاً الآن أن جميع الأجسام صغيرها وكبيرها يتركب من ذرات ومن نويَّات. وهذه النويات هي التي تتأثر بالمجالات المختلفة وينشأ عن تراكمات هذه التأثيرات ما نشاهده من مشاهد فيزيائية وخواص فيزيائية للأجسام الكبيرة. فالأجدر بنا في هذا العصر الذي أصبحت فيه دراسة العلوم النووية والإلكترونية السمة المميزة له، معالجة الظواهر الفيزيائية بحيث تكون دراستنا ونتائجنا التي نتوصل إليها مبينة على التركيب الدقيق للمادة.

٢-٦ استنتاج المعادلة الكمية النسبية لطاقة الجاذبية:

سوف ندرس الآن حركة جسيم دقيق مثل الفيرميون نفترض وجوده في نقطة خارج مجالات التفاعل، فإن مثل هذا الجسيم يُعتبر حراً طليقاً، وممكن كتابة طاقته الكلية بالشكل التالي:

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^2 \qquad (147)$$

حيث E الطاقة الكلية للفيرميون عندما يكون طليقاً و m كتلته الساكنة و c سرعة الضوء و $\overline{P}$ متجه كمية الحركة. وعندما يدخل الفيرميون هذا نطاق الجاذبية الأرضية فإن كمية الحركة له تتغير إلى $\overline{P} + \overline{G}/c$ حيث $\overline{G}$ متجه الطاقة المكتسبة بالفيرميون نتيجة للجاذبية ونجد أن طاقته الكلية تتغير إلى:

$$E = E_f + E_g + W \qquad (148)$$

حيث E_f طاقة الجسم الحر، و E_g القيمة الوحيدة لطاقة الجاذبية الأرضية و W هو جهد تفاعل الجاذبية الأرضية مقدراً بالأرج.

بقسمة المعادلة (147) على c^4 وإدخال مصفوفات باولي $\beta , \overline{\alpha}$ وتعديل الحدود في (147) واستخدام الطاقة الموجبة فقط نحصل على المعادلة التالية:

$$m = \beta\ E_f / c^2 - \beta\overline{\alpha} \cdot \overline{p}/c \qquad (149)$$

بوضع $\beta = \gamma^\circ$ ووضع $\beta\overline{\alpha} = \overline{\gamma}$ وبوضع $x^\circ = ct$ واستخدام المؤثر المكافئ للطاقة

$$E_f = i\hbar c \frac{\partial}{\partial x^\circ}$$

والمؤثر المكافئ لكمية الحركة:

$$P = i\ \hbar \nabla$$

وبالتعويض في (149) نحصل على المعادلة الآتية:

$$m = \frac{i\hbar}{c^2} c\gamma^\circ \frac{\partial}{\partial x^\circ} - \sum_{u=1}^{3} \left(\frac{-i\hbar}{c}\right) \gamma^\mu \frac{\partial}{\partial x^\mu} \qquad (150)$$

$$m = \left(\frac{-i\hbar}{c}\right) \nabla \qquad (151)$$

حيث ،

$$\nabla = \gamma^\circ \frac{\partial}{\partial x^\circ} + \gamma' \frac{\partial}{\partial x'} + \gamma^2 \frac{\partial}{\partial x^2} + \gamma^3 \frac{\partial}{\partial x^3} \qquad (152)$$

حيث x^μ متغير عديم الأبعاد يخضع للعلاقة

$$x^\mu = a_{\mu\nu}\ x_\nu \qquad (153)$$

وتُكتب المعادلة الكمية لكتلة الفيرميون عندما يكون حراً وخارج نطاق الجاذبية كالتالي:

$$m\psi_0 = \left(\frac{i\hbar}{c}\right) \nabla \psi_0 \qquad (154)$$

حيث ψ_0 هي الدالة الموجية للفيرميون الحر.

وعندما يدخل الفيرميون مجاله الجاذبية الأرضية فإن معادلـة (149) تُعـدّل بحيـث تُكتب كالتالي:

$$m' = \beta \frac{E}{c^2} - \beta \overline{\alpha} \cdot (p'/c) \qquad (155)$$

حيث E هي الطاقة الكلية للفيرميون بعد دخوله إلى نطاق الجاذبيـة الأرضيـة و p' كمية حركته و m' كتلته. وبالتالي تكون المعادلة الكمية النسبية له هي:

$$m'\psi = \left(\gamma^\circ \frac{E}{c^2} - \overline{\gamma} \cdot (\overline{p}'/c)\right)_{op} \psi \qquad (156)$$

حيث ψ هي الدالة الموجية للفيرميون بعـد تفاعلـه مـع مجـال الجاذبيـة الأرضيـة. باستخدام طريقة الاضطراب نستخدم التقريب التالي:

$$\psi = \psi_0 + \lambda\psi_1$$

$$m' = m + \lambda m_1$$

$$E = E_f + \lambda(E_g + w) \qquad (157)$$

$$\overline{p}' = \overline{p} + \lambda \ G/c$$

بالتعويض في معادلة (156) من معادلات (157) نحصل على:

$$(m + \lambda m_1)[\psi_0 + \lambda\psi_1] = \left[\frac{\gamma^\circ}{c^2}\left(E_f + \lambda E_g + \lambda w\right) - \overline{\gamma} \cdot \left(\overline{p} + \lambda \frac{\overline{G}}{c}\right)\right][\psi_0 + \lambda\psi_1] \qquad (158)$$

بمساوات معاملات λ في طرفي المعادلة (158) مرفوعة لكل أس على حدة نحصل على معاملات λ°

$$m\psi_0 = \left(\frac{\gamma^{\circ}}{c^2} E_f - \bar{\gamma} \cdot \bar{p}\right)\psi_0 \qquad (159)$$

ومعاملات λ

$$m\psi_0 + m\psi_1 = \frac{\gamma^{\circ}}{c^2}\left(E_g + w\right)\psi_0 - \left(\bar{\gamma} \cdot \bar{p} - \gamma^{\circ} \frac{\bar{E}_f}{c^2}\right)\psi_1 - \frac{\bar{\gamma}.\bar{G}}{c}\psi_0$$

$$\left[m_1 + \frac{\bar{\gamma}.\bar{G}}{c} - \frac{\gamma^{\circ}}{c^2}\left(E_g + w\right)\right]\psi_0 = \left[\gamma^{\circ} \frac{\bar{E}_f}{c^2} - \bar{\gamma} \cdot \bar{p} - m\right]\psi_1 \qquad (160)$$

بمقارنة الكمية بداخل القوس في طرف الأيمن (160) بالمعادلة (159) نجد أن الطرف الأيمن في معادلة (160) يجب أن يساوي صفر.

$$\left[m_1 c^2 + c\bar{\gamma} \cdot \bar{G} - \gamma^{\circ}\left(E_g + w\right)\right]\psi_0 = 0 \qquad (161)$$

فإذا كانت m_1c^2 هي الطاقة المكتسبة بالفيرميون نتيجة لاختراقه لمجال الجاذبية الأرضية فإنه بالإمكان التعبير عن هذه الطاقة بالمعادلة التالية:

$$m_1 c^2 = \hbar\omega \qquad (162)$$

حيث $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ و $\omega = 2\pi\nu$

حيث ν تردد موجات هذه الطاقة حيث يكون الطول الموجي لها:

$$\lambda_1 = c/\nu \qquad (163)$$

وبذلك ممكن كتابة المعادلة (161) كالتالي:

$$\left[\gamma^{\circ}\left(E_g + w\right) - c\bar{\gamma} \cdot \overline{G}\right]\psi_0 = \hbar\omega\psi_0 \qquad (164)$$

حيث يُمكن التعويض عن E_g بالموثر المكافئ لها وهو

$$E_f = i\hbar c \frac{\partial}{\partial x^{\circ}}$$

$$x^{\circ} = ct$$

وحيث W يعطى بالمعادلة (144).

والمعادلة (164) هي معادلة الطاقة المكتسبة بواسطة الفيرميون نتيجة لدخول مجال الجاذبية الأرضية. وللحصول على المتوسط الكمي للإشعاعات الناتجة عن سقوط فيرميون سقوطاً حراً في مجال الجاذبية نستخدم العلاقة التالية:

$$\langle\hbar\omega\rangle = \int \psi_0^* \left[\gamma \ \left(E_g + w\right) - c\bar{\gamma} \cdot \overline{G}\right]\psi_0 \, d\tau \qquad (165)$$

وبما أن هذه الإشعاعات نتيجة لتغير طاقة الفيرميون الكلية وهذا التغير يعتمد على شدة تفاعل مجال جاذبية الأرض W كما يعتمد على متجه الجاذبية $\overline{G}$ وعلى اللف الذاتي للفيرميون فإن تردد هذه الإشعاعات دائم التغير أثناء سقوط الفيرميون تبعاً لتغير W و $\overline{G}$. وممكن تمثيل $\overline{G}$ بالمتجه

$$G = \nabla W$$

٣-٦ الإزاحة الزرقاء والإزاحة الحمراء:

لو أجريت تجربة لقياس الطيف الخطي لمادة ما في محطة فضائيـة بحيث تكون القياسات خارج نطاق جاذبية الأرض، ثم أُجريت نفس التجربة لنفس المـادة في المحطة الفضائيـة وهـي داخـل مجـال الجاذبيـة الأرضيـة فإننـا نلاحـظ إزاحـة طيفية بمعنى أن تردد الخطوط الطيفية في مجال جاذبية الأرض لمادة مـا يختلـف قليلاً عما لو قيس هذا التردد في خـارج نطـاق جاذبيـة الأرض، وهـذا الإختـلاف نتيجة لتغير في الطاقة الكلية للفيرميون نفســه. وبـالنظر للمعادلـة (164) نجـد أن الكمية بين القوسين وهي $\left[\gamma^{\circ}\left(E_g + w\right) - c\overline{\gamma}\cdot\overline{G}\right] = A$ تكـون مسـاوية للصفـر عند وجود الفيرميون خارج نطاق جاذبية الأرض فإذا دخل الفيرميون فـي نطـاق جاذبية الأرض فإن A تأخذ قيمـة معينـة وتكـون موجبـة إذا كـانت $\gamma^{\circ}\left(E_g + w\right)$ أكبر من $c\overline{\gamma}\cdot\overline{G}$ وتكون الإزاحة الطيفيـة موجبـة أي يـزداد تـردد الأشـعة ويميـل لون الأشعة المُنبعِثة إلى اللون الأزرق ولذلك تُسمى **بالإزاحـة الزرقـاء**. أمـا إذا أخذت A قيمة سالبة فإن الإزاحـة الطيفيـة تكـون فـي إتجـاه الـتردد الأقـل وتكـون الأشعة المُنبعثة تميل إلى اللون الأحمر وتُسمى **الإزاحة الحمراء**.

٤-٦ تأثر فوتونات الطاقة بمجال الجاذبية الأرضية:

نعلم الآن أن الفوتون الضوئي له كتلة متناهية في الصغر تبلغ 4×10^{-38} gr كما أن له مجالاً مغنطيسياً. ولذلك نتوقع أن يتفـاعل مجـال الجاذبيـة مـع المجـال المغنطيسي للفوتـون تبعـاً للعلاقـة (135) مـع إعتبـار $\overline{M}_i$ هـو مجـال المغنـاطيس للفوتون وبذلك تنشأ قوة تجذب الفوتون في إتجاه مركز الأرض أيضاً.

المراجــع

1- A. Einstein, L. Infeld and B. Hoffmann. Arr. Hath. vol. 39,(1938) 65

2- V. A. Fock, J. Phys. USSR. vol. 1, (1964) 81.

3- A. Papapetrou, Proc. R. Soc. London, vol. A 209, (1951) 248.

4- A. Papapetrou, Proc. Phys. Soc. vol. 64, (1951) 57.

5- E. Corinaldesi and A. Papapetrou, Proc. R. Soc. vol. A 209, (1951)259.

6- S. N. Gupta, Proc. Phys. Soc. vol. A 65 (1952) 161.
S. N. Gupta, Phys. Rev. vol. 96 (1954) 1683.
S. N. Gupta, Rev. Mod. Phys. vol. 29 (1957) 334.

7- S. N. Gupta, In Recent Developement in General Relativity Pergamon Press, London and New York, (1962), p. 251.

8- S. N. Gupta, Phys. Rev. vol. D 9 (1974) 334.
S. N. Gupta et al, Phys. Rev. vol. D 19 (1979) 1065.
S. N. Gupta and S. T. Radford, Phys. Rev. vol. D 14 (1976) 2596.
B. M. Barker, S. N. Gupta and R. D. Harvaiz, Phys. Rev. vol. 14 (1966) 1027.

9- L. I. Schiff. Proc. Nat. Accad. Sci. USA, vol. 46 (1960) 871.
L. I. Schiff, Proceedings on the Theory of Gravitation, Jablonna Poland (1964).

10- E. Corniraldesi, Proc. R. Soc. London, vol. A 69 (1971) 189.

11- S. W. Hawking, Nucl. Phys. vol. B 144 (1978) 349.
S. W. Hawking, Phys. Rev. vol. D 14 (1976) 2460.
S. W. Hawking, Nucl. Phys. vol. B 170 (1980) 283.

12- B. M. Barker and R. F. Connel (A Review Article). General Relativity and Gravitation, vol. 11, (1979) 149.

13- K. C. Kar, Ind. Jour. of Theor. Phys vol. 16 (1968) 1.
K. C. Kar, A New Approach to the Theory of Relativity. Institute of Theoretical Physics. Begnam Kutir, Calcutta, (1972).

14- L. F. Abou-Hadid Ac. J. of Sc.- (DAMMAM)- vol. 1 (1981) 24.

15- M. Zahn, Electromagnetic field theory. J. Wiley (1979) p. 495.

16- L. Schiff, Quantum Mechanics, McGraw Hill (1968) p. 472.

17- S. Puliafito, General Relativity and Gravitation, vol. 6 (1975) 79.

18- S. Bethe and F. B. Hoffmann, Mesons and Fields vol. 1, Row and Peterson and Company New York (1956) p. 19.

19- C. Moller, The Theory of Relativity. Clarendon Press. Oxford. (1972) p. 545.

20- K. C. Kar Indian Jour. of Theor. Phys. vol. 19 (1971) 1.

21- H. A. Atwater, Introduction to General Relativity Pergamon Press (1974) p. 69.

22- I. Weber, General Relativity and Gravitational waves, Interscience Publishers New York (1961) p. 250.

23- L. F. Abou- Hadid Acad. J. of Sc. vol. 2 (1982) 5.

24- Collier's Encyclopedia (1986) p. 440.

فهرس الكتاب

الموضوعات	الصفحة

الموضــــوعات	الصفحة

الموضـــوعات	الصفحة
الباب الخامس	
الطاقــة	٧٩

الباب السادس	
طاقة الجاذبية وعلاقتها بالميكانيكا الكمية النسبية	١٠٣

رقم الإيداع بدار الكتب المصرية ١٠٨٦٣ / ١٩٩٨

دار النصر للطباعة الإسلامية
٢ - شارع نشاطي شبرا القاهرة
الرقم البريدي ـــ ١١٢٣١

كلمة الناشر

إن التفكر فى ملكوت الله سبحانه وتعالى ، والبحث العلمى المجرد ، ومحاولة التوصل إلى حقائق العلوم وثوابتها ، واكتشاف الفضاء الخارجى وسبر أغواره فريضة أوجبها الإسلام على معتنقيه .. فإن الإسلام هو دين التفكر والنظر ، والتدبر والاعتبار .. وذلك بإعمال العقل ، وتعميق الفهم ، وتوسيع المدارك .. وعلى الرغم من ذلك فما زال البون شاسعاً ، والفرق واسعاً بيننا نحن المسلمين وبين غيرنا من أصحاب الملل الأخرى .. مع أننا أرباب حضارات ، وأصحاب علوم ومكتشفات وأساطين طب وهندسة .. فضلاً عن الفنون الحربية والنظريات العسكرية .

وإذا كانت النظرية النسبية – وهى موضوع هذا الكتاب – قد جاءت لاستكمال نظرية الحركة القديمة التى وضعها [نيوتن] من قبل فإنها جاءت أيضاً لاستكمال أبحاث الفضاء وعلوم الفلك التى ابتدأها العرب منذ القرن العاشر الميلادى لرصد مواقع النجوم ، والتى أقسم الله تعالى بها فى القرآن الكريم حيث يقول ﴿ فلا أُقْسِمُ بِمَوَاقِعِ النُّجُوم * وَإِنَّهُ لَقَسَمٌ لَو تَعْلَمُونَ عَظِيم ﴾ .

ومن هذا المنطلق كان العلماء المسلمون يندفعون فى أبحاثهم تأملاً فى خلق الله عزَّ وجلَّ ، منبهرين بعظمة خلقه ، متفانين فى التعرف على آثار قدرته العظيمة ، وحكمته البالغة فى مجال الفلك .. والطب .. والكيمياء .. والفيزياء حتى إن [ابن سينا] وحده من بين علماء العرب والمسلمين قد ألَّفَ فى حياته العلمية مائتين وثمانين مجلداً فى الطب والفلك ، والفيزياء والكيمياء .. وهذه الأرقام حقائق يعرفها علماء أوربا وأمريكا وغيرهم عن هذا العلاَّمة المسلم والحكيم الطبيب [ابن سينا] .. والإحصائيات التى سَجَّلَتْ عدد مؤلفات هذا العالم الفذ ليس مصدرها علماء العرب والمسلمين .. ولكن مصدرها هو مراجع أوربا وأمريكا .. من جامعات ومعاهد ومراكز علوم .. ومازالت أوربا وأمريكا وكل بلاد الدنيا عالة على العلوم والفنون العربية ، وتلامذة على المبتكرات والمخترعات الإسلامية .. وكلها حقائق تاريخية موثقة لا ينكرها إلا جاحد أو جاهل !! .

ولعل من الأسباب الرئيسية فى تخلف المتأخرين من العرب والمسلمين فى هذا المجال الآن هو ذلك القصور الواضح فى تجاهل الأخذ بأسباب التقدم الحضارى بعدم تخصيص الاعتمادات الكافية للإنفاق الجاد على البحوث العلمية ، لا سيما أن العرب والمسلمين أغنياء بالعلماء الأكْفَاء والباحثين المتخصصين فى علوم الذرة والفضاء والتكنولوجيا المتقدمة ممن حصلوا على أعلى الدرجات العلمية .. وهم عاجزون عن مواجهة الإغراءات المادية والأدبية المقدمة من الدوائر العلمية فى أوربا وأمريكا ومن المهيمنين على مراكز البحث العلمى وعلوم الذرة والفضاء الذين استغلوا انخفاض مستوى المعيشة فى تلك البلدان النامية .. أما الذى يرفض أن يخضع لهذه المغريات من علماء العرب والمسلمين – رغم معاناتهم الشديدة فى حياتهم المعيشية – بدافع الولاء لدينه ووطنه فإن قناصة اليهود يـ[illegible] يصفونه جسدياً ، لتحرم منه أمته فى مجال البحث العلمى ، كما حدث للدكتور بدير و[illegible] وغيرهما كثير .

وبما أننا لا نريد أن نعيش على أمجاد الأولين من الآباء والأجداد من العلماء المـ[illegible] الأفذاذ ، فلابد أن نَجِدَّ ونجتهد ، ونولى عمليات البحث العلمى اهتماماً أكبر وعناية أ[illegible] أشد ، حتى نستعيد هذه الأمجاد فنلحق بأوربا وأمريكا اللتين سبقتانا بأكثر من خمسـ[illegible] يصبح قمحنا فى صوامعهم ، وسلاحنا فى مخازنهم ، ولا سيما بعد أن أصبحت أ[illegible] عارية مكشوفة أمام أقمارهم الصناعية .. حتى لا نندم حيث لا ينفع الندم .. وإلى صفحـ[illegible]

حسن عاشور